



**Universidade de
Aveiro**
2009

**Departamento de Electrónica,
Telecomunicações e Informática**

Miguel Neto
Gonçalves

IPTV 2.0



**Universidade de
Aveiro**

2009

Departamento de Electrónica,
Telecomunicações e Informática

**Miguel Neto
Gonçalves**

IPTV 2.0

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computares e Telemática, realizada sob a orientação científica do Dr. Rui Luís Andrade Aguiar, Professor Associado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

o júri:

presidente

Professor Doutor José Luis Guimarães Oliveira

Professor Associado da Universidade de Aveiro

vogal – arguente principal

Professor Doutor Paulo Alexandre Ferreira Simões

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Informática da
Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra

vogal – orientador

Professor Doutor Rui Luís Andrade Aguiar

Professor Associado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Este documento não representa o tempo e o trabalho da sua concepção, mas sim o que permitiu cumprir esta fase importante da minha vida académica e pessoal.

Assim, agradeço:

- Aos meus orientadores que me deram a oportunidade e a ajuda necessária para a realização desta dissertação. Um agradecimento especial ao professor Diogo Gomes pelo acompanhamento e prontidão de ajuda.
- Aos meus amigos por me terem proporcionado momentos inesquecíveis.
- Em especial à minha família por todo o apoio em todos os momentos.

palavras-chave

IPTV, IP, IMS, conteúdos multimédia, compressão de vídeo, RTP, SIP.

resumo

A nossa experiência televisiva tem vindo a alterar-se rapidamente, com a crescente existência de novos serviços e a entrega de conteúdos multimédia de alta definição em tempo real. Para esta mudança muito contribuiu o avanço tecnológico nas redes de telecomunicações que permite cada vez mais o acesso a dados de vídeo, áudio e outros, através do protocolo IP (Internet Protocol). Esta é a base da tecnologia IPTV (Internet Protocol-based Television) e do serviço associado a esta tecnologia, o Triple-Play, onde novos serviços de televisão, Internet e telefone chegam à casa dos utilizadores através de apenas um ponto de comunicação, Set-Top Box,

A tecnologia IMS (IP Multimedia Subsystem) permite ser integrada na arquitectura IPTV possibilitando uma convergência de serviços até agora inexistente, centralizando toda a informação dos vários elementos de uma rede de modo a poder encaminhar de forma rápida e segura a informação trocada entre os mesmos.

Neste documento é feito o estudo destas duas tecnologias ao nível das suas arquitecturas e dos protocolos que as caracterizam. Para o estudo prático das mesmas foi desenvolvida a solução "IPTV2.0" que permite a entrega de serviços IPTV por parte do servidor multimédia com destino ao software cliente, tirando partido das funcionalidades IMS. A aplicação foi construída no Media Center XBMC que serve de interface com o utilizador.

Este documento apresenta o estudo realizado, assim como a implementação desenvolvida, os testes efectuados e a avaliação da solução.

keywords

IPTV, IP, IMS, multimedia contents, video compression, RTP, SIP.

abstract

Our television experience has been changing quickly, with the growing existence of new services e the delivery of real time high definition multimedia contents. To this change has contributed the technological evolution of the telecommunications networks that allow more and more the access of video, audio and data using the IP protocol (Internet Protocol). This is the base of the IPTV technology (Internet Protocol-based Television) and the associated service of this technology, the Triple-Play, where new television, internet and telephone services arrive to users homes through a single communication point, a Set-Top Box.

The IMS technology (IP Multimedia Subsystem) can be integrated in the IPTV architecture allowing a service convergence not existent until these days, centralizing all the information of the network elements with the purpose of routing the data in a fast and save way between them.

In this document is presented the study of these two technologies based on their architecture and the protocols that complete them. For a practical study a solution called "IPTV 2.0" was developed which allows the delivery of IPTV services from the multimedia server to the client software, taking advantage of the IMS functionalities. The solution was developed in the Media Center XBMC that makes the interface with the user.

This document presents the study that was made, including an explanation of the implementation, the tests that were done and the evaluation of the solution.

parole-chiave

IPTV, IP, IMS, contenuto multimediale, compressione video, RTP, SIP.

riassunto

La nostra esperienza televisiva sta cambiando rapidamente, con la crescente esistenza di nuovi servizi e la consegna di contenuti multimediali ad alta definizione in tempo reale. A questo cambiamento ha contribuito molto lo sviluppo tecnologico nelle reti di telecomunicazione che permette sempre più l'accesso a dati video, audio ed altri, tramite il protocollo IP (Internet Protocol). Questa è la base della tecnologia IPTV (Internet Protocol-based Television) e del servizio associato a questa tecnologia, il Triple-Play, ove nuovi servizi di televisione, Internet e telefono arrivano alla casa degli utilizzatori solo tramite un punto di comunicazione, Set-Top Box.

La tecnologia IMS (IP Multimedia Subsystem) può essere integrata nell'architettura IPTV, permettendo una convergenza di servizi fino ad ora inesistenti, centralizzando tutta l'informazione dei vari elementi di una rete in modo da poterli indirizzare in una forma veloce e sicura.

In questo documento si fa lo studio di queste due tecnologie a livello delle sue architetture e dei protocolli che li caratterizzano. Per lo studio pratico delle stesse è stata sviluppata la soluzione "IPTV2.0" che permette la consegna di servizi IPTV tramite del servizio multimediale con destino al software cliente, usufruendo delle funzionalità IMS. L'applicazione è stata costruita nel Media Center XBMC che fa l'interfaccia con l'utilizzatore.

Questo documento presenta lo studio realizzato, l'implementazione sviluppata, i test effettuati e la valutazione della soluzione

Conteúdo

Índice de Figuras	15
Índice de Tabelas	17
Acrónimos	18
1. IPTV: Introdução	21
1.1 Definição de IPTV	21
1.1.1 IPTV versus Televisão por Internet	23
1.2 Arquitectura IPTV	24
1.1.2 Elementos Básicos da Arquitectura IPTV	25
1.3 Principais Aplicações IPTV	27
1.1.3 Transmissão (<i>broadcast</i>) de Televisão Digital	27
1.1.4 <i>Video On Demand</i> (VoD)	28
1.4 Objectivos do Trabalho	29
1.5 Estrutura da Dissertação	29
2. Codificação e Transporte IPTV em Tempo Real	31
2.1 Codificação de Vídeo	31
2.2 MPEG	32
2.2.1 MPEG-1	35
2.2.2 MPEG-2	36
2.2.3 MPEG-4	44
2.2.4 H.264 / MPEG4 Parte 10 - AVC	47
2.3 VC-1	49
2.4 Modelo de Comunicação IPTV (IPTVCM)	50
2.4.1 Camada IP (<i>Internet Protocol</i>)	51
2.4.2 Camada de Transporte (TCP e UDP)	51
2.4.3 RTP (<i>Real-Time Transport Protocol</i>)	54
2.5 Transmissão IPTV	56
3. Distribuição de conteúdo multimédia sobre IPTV	57
3.1 Tecnologias de Distribuição na Rede IPTV	57
3.1.1 Rede de distribuição “last mile”	57
3.2 Métodos de distribuição de conteúdo IPTV	59
3.2.1 <i>Unicast</i>	59
3.2.2 <i>Broadcast</i>	60
3.2.3 <i>Multicast</i>	61
3.3 Protocolos utilizados na distribuição de conteúdo IPTV	64
3.3.1 Protocolos <i>Multicast</i>	64
3.3.2 RTSP	67
3.3.3 SIP	69
3.3.4 SDP	74
4. Redes IPTV de próxima geração.	77
4.1 O que é IMS?	77

4.2	Arquitectura IMS	79
4.3	SIP em IMS	81
4.4	Arquitectura IPTV de próxima geração baseada em IMS: IPTV 2.0	82
4.5	Arquitectura da Solução	85
4.5.1	Descrição do Sistema	85
4.5.2	Servidor Multimédia	87
4.5.3	Centro de Aplicações	88
4.5.4	Subsistema IMS	89
4.5.5	Software do Cliente	89
5.	Implementação e Avaliação da Solução IPTV 2.0	91
5.1	Análise das Soluções Utilizadas	91
5.1.1	Servidor Multimédia	91
5.1.2	Subsistema IMS	93
5.1.3	Software do Cliente	95
5.1.4	Software de comunicação SIP	96
5.2	Implementação da Solução	98
5.2.1	Interacção do Utilizador com a Solução “IPTV2.0”	98
5.2.2	Software do Cliente	100
5.2.3	Estados do Software Cliente e interacção com o Sistema	101
5.2.4	Registo no Subsistema IMS	101
5.2.5	Centro de Aplicações / Servidor multimédia	102
5.2.6	Pedido a um Servidor de Serviço	104
5.3	Avaliação da Solução	105
5.3.1	Ambiente de Testes	105
5.3.2	Testes de Funcionalidade	106
5.3.3	Testes de Desempenho	106
6.	Conclusões e Trabalho Futuro	111
6.1	Principais Aplicações IPTV	111
6.2	Trabalho Futuro	111
	Bibliografia	113
	Anexo A	117
	Anexo B	121

Índice de Figuras

Figura 1 - Arquitectura básica de um sistema IPTV.....	25
Figura 2 - Codificação de vídeo.	31
Figura 3 - Vários tipos de dados são multiplexados a fim de serem transmitidos posteriormente.	34
Figura 4 - Visão simplificada da camada de sistemas [8].	37
Figura 5 - Combinação de fluxos elementares desde os codificadores até fluxo de programa ou fluxo de transporte.....	38
Figura 6 - Estrutura de um fluxo PES [7].	39
Figura 7 - Criação de um Fluxo de Transporte [7].	39
Figura 8 - Cabeçalho de um pacote de transporte MPEG-2.....	40
Figura 9 - Temporização no fluxo de transporte [7].	41
Figura 10 - Várias camadas do padrão MPEG-4 [12].	45
Figura 11 - Framework de integração para distribuição de tecnologia.	46
Figura 12 - Modelo computacional da DMIF.....	47
Figura 13 - Diferença de desempenho entre Codecs.	49
Figura 14 - Modelo de comunicação IPTV.....	50
Figura 15 - Cabeçalho TCP [17].	52
Figura 16 - Cabeçalho UDP.....	52
Figura 17 - Cabeçalho do protocolo RTP.	54
Figura 18 - Pacotes MPEG-TS num pacote RTP.....	55
Figura 19 - Encapsulamento de vídeo.	56
Figura 20 - Exemplo de um fluxo de dados transmitidos de forma unicast.....	59
Figura 21 - Exemplo de transmissão unicast de múltiplos fluxos.	60
Figura 22 - Exemplo de uma transmissão em broadcast.	61
Figura 23 - Exemplo de tráfego <i>multicast</i>	61
Figura 24 - Tipos de distribuição multicast. 1 - Um-Para-Muitos; 2 - Muitos-Para-Muitos; 3 - Muitos-Para-Um.....	62
Figura 25 - Classificação do endereçamento IP [15].	63
Figura 26 - Protocolo IGMP.	65
Figura 27 - Sessão RTSP entre Cliente e Servidor.....	67
Figura 28 - Comunicação RTSP entre Cliente-Servidor [15].	68
Figura 29 - Sessão SIP.	72
Figura 30 - Troca de mensagens de subscrição SIP.	74
Figura 31 - IMS integra diferentes serviços de comunicação.	78
Figura 32 - Camadas IMS.....	78
Figura 33 - Arquitectura IMS [15].	79
Figura 34 – Exemplo de uma sessão IMS através da traça de mensagens entre utilizadores.	82
Figura 35 - imagem [29].	83
Figura 36 - Exemplo de início de sessão de <i>streaming</i> [30].	84
Figura 37 - Serviços IPTV baseados em IMS acedidos através da mesma interface [31].....	85
Figura 38 - Arquitectura geral da solução.	86
Figura 39 -Centro de Aplicações.....	88

Figura 40 - Solução VideoLan para <i>streaming</i> [34].	92
Figura 41 - Arquitectura geral do Open IMS Playground. [37].....	93
Figura 42 - Open Source IMS Core [37].	94
Figura 43 - Arquitectura Sofia-SIP [50].	97
Figura 44 - Diagrama de estados das várias fases da aplicação.	98
Figura 45 - Escolha da aplicação IPTV.	99
Figura 46 - Escolha do serviço que se pretende receber.	99
Figura 47 - Escolha do canal que se pretende visualizar.	100
Figura 48 - Conteúdo recebido pelo serviço televisivo.	100
Figura 49 - Diagrama de estados do cliente para início de uma sessão multimédia.	101
Figura 50 - Fluxo de mensagens aquando do registo IMS de um utilizador na rede.	102
Figura 51 - Informação organizada em ficheiro XML.	103
Figura 52 - Coordenação entre centro de aplicações e servidor multimédia.	104
Figura 53 - Comunicação entre cliente e servidor de serviço e multimédia.	105
Figura 54 - Diagrama gráfico dos tempos entre cada mensagem a partir do cliente (em milissegundos).	107
Figura 55 - Diagrama gráfico dos tempos entre funcionalidades (em segundos).	108
Figura 56 - Interface Web do Open IMS Core.	120

Índice de Tabelas

Tabela 1 - IPTV versus Televisão por Internet.....	24
Tabela 2 - História de Televisão [3].	27
Tabela 3 - MPEG subgrupos e responsabilidades [6] [9].....	34
Tabela 4 - Tabelas PSI.....	42
Tabela 5 - Tabela PAT.	42
Tabela 6 - Tabela PMT do Programa 1.	43
Tabela 7 - Tabela CAT.....	43
Tabela 8 - Valores relativos à tecnologia DSL [19].....	59
Tabela 9 - Tipos de endereço multicast.	64
Tabela 10 - Elementos SIP e sua função.....	70
Tabela 11 - Informação de um cabeçalho SIP [24].....	72
Tabela 12 - Campos do protocolo de descrição de sessão.	74
Tabela 13 - Servidores de <i>streaming</i> e suas características.....	91
Tabela 14 - Protocolos suportados por cada streaming server.	92
Tabela 15 - Utilizadores configurados por defeito no Open IMS Core.	94
Tabela 16 - Características dos vários Media Centers.....	95
Tabela 17 - Aplicações SIP e as suas características.....	96
Tabela 18 - Análise estatística dos tempos entre cada mensagem recebida e enviada pelo cliente (em milissegundos).	108
Tabela 19 - Análise estatística dos tempos entre as funcionalidades da aplicação (em segundos).	109

Acrónimos

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AAA	Authentication, Authorization, and Accounting
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
API	Application Programming Interface
AS	Application Server
ASM	Any Source Multicast
ATSC	Advanced Television Systems Committee
AVC	Advanced Video Coding
BGCF	Breakout Gateway Control Function
CAT	Conditional Access Table
CD	Compact Disc
CRM	Customer Relationship Management
CSCF	Call Session Control Function
DMIF	Delivery Multimedia Integration Framework
DNS	Domain Name System
DSL	Digital Subscriber Line
DTS	Decoding Time Stamping
DVB	Digital Video Broadcasting
DVD	Digital Video Disc
EPG	Electronic Program Guide
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FTTB	Fiber To The Building
FTTH	Fiber To The Home
GPL	General Public Licence
HDTV	High-Definition Television
HSS	Home Subscriber Server
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
IGMP	Internet Group Multicast Protocol
IMS	IP Multimedia Subsystem
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol-based Television
IPTVCM	Internet Protocol-based Television Communication Model
ISMA	Internet Streaming Media Alliance
ISO	International Organization for Standardization
ITU-T	Telecommunication Standardization Sector
LGPL	Lesser General Public Licence
MG	Media Gateway
MGCF	Media Gateway Control Function
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions
MPEG	Moving Picture Experts Group
NGN	Next Generation Networking

NIT	Network Information Table
NRC	Nokia Research Center
NTSC	National Television System Committee
PAT	Program Association Table
PCR	Program Clock Reference
PES	Packetized Elementary Streams
PID	Packet Identification
PIM	Protocol Independent Multicast
PIM-SM	Protocol Independent Multicast - Sparse Mode
PMT	Program Map Table
PoC	Push-to-talk over Cellular
PON	Passive Optical Network
PSI	Program-Specific Information
RTCP	RTP Control Protocol
RTP	Real-Time Transport Protocol
RTSP	Real-Time Streaming Protocol
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers
STB	Set-Top Box
STC	System Time Clock
TCP	Transmission Control Protocol
TDT	Televisão Digital Terrestre
TISPAN	Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking
UA	User Agent
UDP	User Datagram Protocol
URI	Uniform Resource Identifier
VC	Video Codec
VLC	VideoLan Client
VoD	Video On Demand
VoIP	Voice Over IP
XML	Extensible Markup Language

1 ■ IPTV: Introdução

IPTV tem vindo a ser uma das tecnologias de maior evolução e que está a despertar cada vez mais o interesse tanto dos operadores de telecomunicações, que vêem nesta tecnologia uma oportunidade impar de negócio, como dos consumidores de televisão que sentem que a televisão “normal” já não os satisfazem em termos de serviços. Os serviços IPTV de hoje não passam, então, pela simples entrega de canais de televisão, mas sim por uma grande quantidade de escolha de conteúdos de informação, jogos, aplicações, constituindo assim um serviço *Triple Play*, que inclui a entrega de informação de voz, vídeo e dados ao cliente final.

Sob o ponto de vista tecnológico este novo serviço representa, no entanto, um grande desafio. Desde o mundo analógico até ao mais recente, ao mundo digital, a televisão foi sempre o serviço que colocou maiores dificuldades técnicas. O desafio para os operadores de telecomunicações consiste em fornecer o serviço de televisão e outros serviços associados, com elevados requisitos de Qualidade de Serviço (QoS), através das suas redes IP já existentes.

Neste capítulo iremos introduzir o conceito de IPTV, sendo focados os aspectos mais importantes desta tecnologia como a sua arquitectura, aplicações e os benefícios inerentes à sua utilização.

1.1 Definição de IPTV

A história da televisão digital é bastante recente e é o avanço tecnológico mais significativo desde a criação do aparelho de televisão há mais de uma centena de anos atrás. A TV digital oferece aos utilizadores uma experiência de televisão nunca antes vivida, muito mais interactiva, onde ao invés de sermos escolhidos para ver um determinado conteúdo, podemos ser nós a escolher o que queremos ver, às horas que o queremos ver.

Em relação a Portugal a televisão digital terrestre (TDT) chegou neste ano (2009) e espera-se que no final do ano cubra 80% da população. Até agora as diferenças não são visíveis uma vez que os sinais que chegam aos aparelhos televisivos simplesmente passaram de analógicos para digitais, e o número de canais não se alterou.

Uma nova tecnologia, chamada *Internet Protocol-based Television* (IPTV), tem tomado uma posição de relevo no que diz respeito à entrega de conteúdo multimédia através de vários tipos de tecnologia como cabo ou satélite.

IPTV – televisão através do protocolo de Internet (IP) – refere-se à distribuição de televisão digital e outros serviços de vídeo, áudio e dados sobre infra-estruturas de rede que usam os mesmos protocolos base que suportam a Internet. A definição oficial aprovada pelo grupo focado em IPTV da União Internacional de Telecomunicações (ITU-T FG IPTV) é a seguinte:

- IPTV é definido como serviços multimédia como televisão / vídeo / áudio / texto / gráficos / dados distribuídos sobre redes baseadas em IP com a capacidade de fornecer o necessário nível de qualidade de serviço e experiência, segurança, interactividade e fiabilidade [1].

Como veremos mais à frente, IPTV não é só televisão por Internet, como pode ser pressuposto através do próprio nome. Basicamente IPTV é a fusão de dados áudio, vídeo e serviços de dados. Não é que seja uma ideia recente, ou mesmo que não tenha sido objecto de desenvolvimento, mas a necessidade de uma grande largura de banda, que não era a melhor há uns anos atrás não permitia grandes avanços ficando a qualidade dos dados muito a desejar. O aumento da qualidade de transmissão de dados sobre a Internet e o consequente aumento da largura de banda, proporcionou que a ideia de implementar serviços IPTV fosse bastante viável e de possível sucesso. O custo da tecnologia inerente à recepção de IPTV, por exemplo *Set Top Boxes* e televisores de alta definição, têm-se tornado também mais acessíveis economicamente [2].

A crescente atracção que envolve a tecnologia IPTV é proveniente não só das suas capacidades presentes mas também do seu potencial futuro. Devido à convergência e interactividade com outras tecnologias, o IPTV pode ser uma rampa de lançamento para novos serviços e aplicações. Algumas das características desta tecnologia são descritas em seguida.

- *Suporte para Televisão interactiva* – a capacidade de transmissão de informação nos dois sentidos, servidor – cliente; cliente – servidor, dos conteúdos IPTV permitem aos fornecedores de serviços distribuir uma grande quantidade de aplicações televisivas interactivas como vídeos a pedido, *Video On Demand* (VoD), ou a possibilidade de os telespectadores poderem tomar decisões que resultam em como o programa continuará, (por exemplo, votar no que pode acontecer a seguir).
- *Personalização* – um sistema IPTV, através da sua comunicação bidireccional, permite aos utilizadores personalizarem o seu conteúdo televisivo de forma a verem o que querem, e quando querem ver, de acordo com sua programação de interesse.
- *Óptima gestão da largura de banda* - em vez de enviar todos os canais disponíveis para todos os utilizadores, a tecnologia IPTV permitem aos fornecedores de serviços enviar apenas o canal requisitado pelo utilizador. Isto permite aos operadores de rede pouparem bastante largura de banda nas suas redes.
- *Acessível em múltiplos dispositivos* – a visualização de conteúdo IPTV não é restrita ao aparelho televisivo, uma vez que pode ser acedida também, por exemplo, através de dispositivos móveis.

1.1.1 IPTV versus Televisão por Internet

A associação com a internet pode sugerir que IPTV é uma simples extensão da experiência de vídeo Web tida normalmente em computadores o que, até certo ponto, pode-se considerar tecnicamente correcto. O ambiente em que cada um funciona inspira-se na mesma tecnologia base, o protocolo IP. No entanto estas experiências diferem em várias áreas.

- *Plataformas* – através da televisão por Internet os conteúdos que chegam ao utilizador são, como o nome indica, da Internet publica onde cada um navega sobre os vídeo que quer ver. No caso IPTV, os conteúdos são enviados através de uma rede privada que fazem chegar os dados ao cliente. Estas redes são geridas pelas operadoras que disponibilizam o serviço IPTV.
- *Alcance geográfico* – as redes controlas por operadoras não estão acessíveis a utilizadores comuns de Internet e são limitadas a um certo espaço físico. A Internet, por oposição, não apresenta qualquer limitação geográfica pelo que os seus conteúdos podem ser acedidos em qualquer parte do globo.
- *Qualidade de vídeo e distribuição* - os dados enviados sobre a Internet publica passam por várias redes o que propicia a perda de pacotes e atraso dos mesmos. Assim, quem fornece o conteúdo vídeo não pode garantir a qualidade do mesmo visto que não tem controlo sobre a rede nem pode, geralmente, gerir os utilizadores que acedem ao mesmo. Os dados de vídeo são normalmente entregues ao utilizador de uma forma *best effort*, ou seja, não há distinção de prioridade entre pacotes e estes são enviados pela rede em concorrência directa com outros pacotes o que pode provocar congestionamento de tráfego e sucessivos atrasos.
- *Mecanismos de acesso* – uma *set top box* é normalmente utilizada na recepção de serviços IPTV enquanto qualquer dispositivo com capacidade de se conectar à Internet e reproduzir vídeo pode ser utilizado para receber dados de vídeo na Internet.
- *Custos* – uma percentagem significativa do conteúdo vídeo que provém da Internet é isento de custos. A existência de sites que promovem a divulgação de vídeos na Internet, como o *youtube*, está associada a esta tendência o que aumenta a oferta de conteúdos. Os custos associados aos serviços IPTV são similares a uma subscrição normal de televisão, onde o cliente paga uma mensalidade fixa para receber o seu conteúdo.

A tabela 1 lista de forma simples as diferenças existentes entre serviços de IPTV e visionamento de dados de vídeo por Internet.

Tabela 1 - IPTV versus Televisão por Internet.

Serviços IPTV	Televisão por Internet
Rede controlada	Internet pública
Normalmente disponível através de aparelhos televisivos	Normalmente disponível através de computadores pessoais
Qualidade de serviço garantido	Baseado em <i>best effort</i>
<i>Broadcast, multicast</i>	<i>Streams</i>
EPG (Electronic Program Guide)	Web site
<i>Video On Demand</i>	<i>Downloads</i>
Mensalidade paga	Geralmente grátis (suporte para publicidade)
Acesso restrito	Geralmente de acesso aberto

1.2 Arquitectura IPTV

Nos últimos anos um esforço foi feito para a normalização IPTV com vista a fornecer às operadoras de telecomunicação um protocolo de referência de modo a implementarem um modelo convergente entre as várias tecnologias.

De modo a aproveitar as infra-estruturas já existentes, como as redes de cobre usadas na distribuição de telefone e internet, as operadoras melhoraram a eficiência destas de modo a que sejam distribuídos todos os conteúdos que o utilizador pretende de forma rápida e sem erros. Uma das razões desta necessidade de aumento de largura de banda deve-se ao tamanho dos conteúdos que são distribuídos. Os dados de vídeo requererem sempre um grande espaço de armazenamento e o seu tempo de transmissão depende da velocidade à qual é feita, assim, para entregar um conteúdo num menor espaço de tempo, é necessária uma taxa de transmissão maior.

A evolução da arquitectura IPTV pode-se sumariar através dos passos que foram dados ao longo do tempo consoante o avanço da tecnologia. Para isto as redes de próxima geração, NGN (*Next-Generation Networks*), têm um papel fundamental neste avanço e é a partir do resultado actual que podemos esquematizar a evolução do IPTV da seguinte forma.

1. *Arquitectura IPTV não baseada em redes de próxima geração* – primeira geração de arquitectura IPTV constituída por uma IPTV *headend* e uma plataforma *middleware* de distribuição de serviços. É a solução que está implementada de momento no mercado IPTV. É possível interagir esta arquitectura com subsistemas NGN (*Next-Generation Networks*) mas geralmente o controlo de serviços é feito em separado e é usada uma nova camada de aplicação.
2. *Arquitectura IPTV em redes de próxima geração não baseadas em IMS* – permite a interacção em alguns pontos específicos entre funções IPTV (como funções de controlo) e alguns elementos existentes de redes de próxima geração (como elementos de controlo de transporte). Neste passo,

um subsistema IPTV dedicado de próxima geração será usado para fornecer todas as funcionalidades IPTV (controlo IPTV, gestão de utilizadores) e para integrar componentes IPTV em arquitecturas NGN.

3. *Arquitectura IPTV baseada em IMS* – especifica funções IPTV baseadas no subsistema IMS (IP *Multimédia Subsystem*), (objecto de estudo no capítulo quatro), e que permite a reutilização de funcionalidades IMS e iniciação de serviços e mecanismos de controlo baseados em SIP (*Session Initiation Protocol*).

Estes tipos de arquitectura podem ser integradas de forma a criar uma arquitectura mais ampla que permite fornecer uma maior convergência de serviços IPTV, ou seja, mais serviços serão entregues ao utilizador de uma forma invisível em relação ao transporte [4].

1.1.2 Elementos Básicos da Arquitectura IPTV

A figura 1 mostra os elementos que constituem uma arquitectura básica IPTV, referente ao primeiro passo de evolução da tecnologia IPTV, onde a sua explicação é feita de seguida. De notar na figura as indicações bidireccionais inerentes a uma rede de distribuição IPTV que são um dos factores de distinção em relação a outros modelos de distribuição do serviço de televisão.

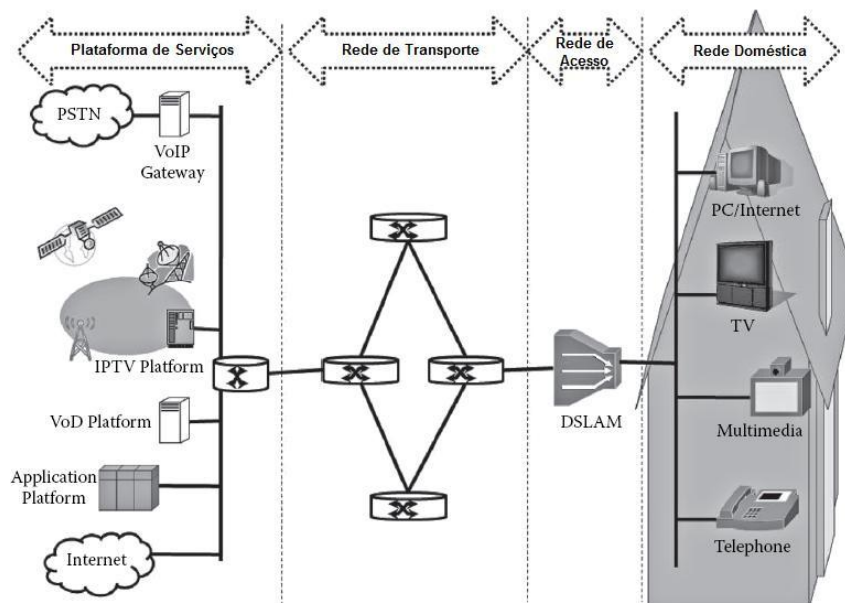


Figura 1 - Arquitectura básica de um sistema IPTV.

Plataforma de Serviços

Também chamado de *headend*, a plataforma de serviços IPTV recebe o conteúdo das variadas fontes incluindo vídeos armazenados localmente, produtores de conteúdos, canais por cabo, terrestres ou satélite. Uma vez recebidos, um número de diferentes componentes do *hardware* (desde codificadores, servidores de vídeo, *routers* IP e *hardware* de segurança

dedicados), são usados para preparar os dados de vídeo para serem distribuídos numa rede baseada em IP. Contém também um sistema de gestão de subscritores, IPTV *middleware*, de forma a gerir os utilizadores IPTV e a facturação inerente. O termo *middleware* é usado para descrever o software existente em cada um dos componentes que torna o serviço de IPTV possível no seu conjunto. É responsável pela gestão dos utilizadores, pela gestão dos conteúdos e pela gestão dos serviços. Por exemplo, é ao nível do *middleware* que será possível diferenciar os serviços fornecidos a cada cliente (personalização) ou, ao nível dos conteúdos, limitar o acesso de determinados utilizadores a certos conteúdos. Ao nível da *Set-Top box*, o *middleware* controla a interacção com o utilizador sendo, por isso, a imagem que este tem de todo o sistema.

A localização física da plataforma de serviços será ditada pela infraestrutura de rede usada pelo servidor de serviços.

Rede de Transporte

A rede de transporte é responsável pelo transporte eficiente dos *streams* de vídeo ao longo da rede pelo que é necessário que esta forneça os mecanismos de Qualidade de Serviço (QoS) para que o conteúdo multimédia seja transportado de forma correcta.

Os avanços tecnológicos nesta área permitem agora uma largura de banda suficiente para que a entrega de conteúdo IPTV seja feita nas melhores condições como é o exemplo das infra-estruturas baseadas em fibra óptica e cabo coaxial.

Os mecanismos de transporte e codificação de vídeo mais utilizados em redes IPTV e respectivas vantagens e desvantagens para um sistema deste tipo serão abordados no capítulo 2.

Rede de Acesso

A rede de acesso é a responsável pela ligação da rede de transporte até à rede doméstica do cliente. Também conhecida como *last mile*, a ligação utiliza normalmente a infra-estrutura já existente por parte dos operadores de telecomunicações, como por exemplo a rede de cobre. Desta forma, principalmente por uma questão de minimização dos custos e de rentabilização da infra-estrutura existente, a tecnologia normalmente utilizada para o acesso em IPTV é a ADSL.

Devido aos requisitos crescentes de largura de banda associados a novos serviços que surjam com IPTV, as operadoras poderão utilizar alternativas baseadas em redes de fibra óptica passiva (PON – *Passive Optical Network*) até cada edifício (FTTB – *Fiber To The Building*) ou mesmo até casa do cliente (FTTH – *Fiber To The Home*), permitindo débitos muito mais elevados.

Rede Doméstica

Uma rede doméstica interliga um certo número de dispositivos localizados no core do utilizador. Melhora a comunicação entre eles e permite a partilha de recursos entre os elementos da rede doméstica. São usadas *set-top boxes* (STB) para a recepção do conteúdo IPTV, que advém da plataforma de serviços, e a partir daqui é que os dados são distribuídos pela rede doméstica. O objectivo da rede doméstica é fornecer o acesso a informação como voz, vídeo e dados entre os diferentes dispositivos digitais dentro da casa. A tecnologia que tem vindo a ganhar mais popularidade entre as que permitem a distribuição de dados dentro da área doméstica é a *wireless*. *Wireless* que permite a partilha de informação de forma fácil e simples, com a segurança e a qualidade que os dados pessoais necessitam e instalação simples.

1.3 Principais Aplicações IPTV

As duas principais aplicações IPTV, tipicamente disponíveis pelos fornecedores de serviços, são a transmissão de televisão digital e Vídeo a Pedido, em inglês *Video On Demand* (VoD). Estas aplicações fazem parte do chamado “*triple Play*”, que consiste na entrega de três serviços por das operadoras num só pacote, serviço de televisão, telefone e Internet de alta velocidade. Outras aplicações podem ser fornecidas assim que a infra-estrutura IPTV estiver instalada, dependendo estas da inovação e imaginação dos responsáveis pela criação de aplicações, uma vez que as possibilidades são imensas devido às características IPTV.

1.1.3 Transmissão (*broadcast*) de Televisão Digital

Antes de falar sobre este serviço e as suas vantagens a tabela 2 faz uma listagem cronológica da história da televisão

Tabela 2 - História de Televisão [3].

Ano	Evento Histórico
1884	Paul Nipkow patenteia o primeiro sistema televisivo mecânico.
1925	O primeiro sistema televisivo electrónico foi patenteado.
1935	O primeiro sistema televisivo electrónico foi demonstrado pela EMI (<i>Electric Musical Industries</i>)
1941	O NTSC (National Television System Committee) desenvolve um conjunto de regras para a transmissão de televisão electrónica.
1956	Começa a era da televisão a preto e branco.
1993	O projecto europeu <i>Digital Video Broadcasting</i> (DVB) foi fundado.
1999	Implementação de sistemas de televisão digital pelo globo.

A ideia base da transmissão de televisão digital é semelhante à televisão analógica: entrega de conteúdos televisivos desde os fornecedores de conteúdos

até vários clientes que visualizam este conteúdo simultaneamente. A forma como esses dados são entregues, objecto de estudo mais adiante neste documento, é o que distingue os dois tipos de transmissão. A TV digital potencia bastantes melhorias de transmissão e qualidade de imagem. Alguns dos benefícios da transmissão digital de televisão são

- *Melhor experiência televisiva* – a experiência televisiva é melhorada chegando ao nível de imagens com qualidade cinematográfica, som de qualidade CD, centenas de canais disponíveis, acesso a inovadores serviços de entretenimento.
- *Qualidade do sinal televisivo* – Tanto o sinal analógico como o sinal digital tornam-se cada vez mais fracos com a distancia. Contudo, enquanto a qualidade de imagem da televisão analógica é deteriorada conforme a distância aumenta do ponto de transmissão, a qualidade num sistema digital irá permanecer perfeita até ao ponto em que o sinal se torne demasiado fraco para ser recebido.
- *Maior oferta de capacidade e de novos serviços* – Como já referido anteriormente o uso de sistemas de transmissão digital permite o transporte de mais informação que apenas aquela usada para a entrega de programação televisiva. A largura de banda restante é usada para o transporte de aplicações e serviços como *Video On Demand* (Vod), serviços de Internet e correio electrónico, educação interactiva, comércio interactivo.
- *Aumento da flexibilidade de acesso* – Ao invés de se receber os conteúdos apenas no aparelho televisivo, como num sistema analógico, com a tecnologia digital estes chegam através dos mais variados dispositivos desde telefones móveis até computadores portáteis.

1.1.4 Video On Demand (VoD)

O vídeo a pedido é um dos serviços mais atractivos num sistema IPTV uma vez que, em vez de recebermos a programação televisiva que o fornecedor de serviços disponibiliza, o cliente tem a opção de escolher o conteúdo que quer ver e quando o quer ver. O utilizador interactivamente escolhe, a partir de uma lista de conteúdos armazenados em servidores de grande capacidade, os dados de interesse que pretende visualizar. A variedade de conteúdos que pode chegar ao cliente é imensa e depende das capacidades de armazenamento, largura de banda e sistemas de gestão oferecidos pela operadora. Desde um simples filme a pedido até largura de banda a pedido, as opções são imensas, passando também por música, publicidade, jogos, para referir alguns exemplos. Este conceito levou ao termo “tudo a pedido”, *Everything on Demand* (XoD) que nos será acessível num futuro próximo.

Mas esta liberdade individual de escolha é um dos maiores desafios para as companhias de telecomunicação uma vez que para cada cliente subscritor do

serviço terá uma linha de comunicação praticamente dedicada, o que consome desde daí bastante largura de banda. Isto requer aos fornecedores de serviços que a sua arquitectura relacionada com o servidor de conteúdos seja bastante eficiente para aguentar com a gestão de subscritores, comunicação entre eles e transmissão de dados via *stream* para o cliente.

1.4 Objectivos do Trabalho

Tomando como partida o estudo realizado tanto ao nível do IPTV, como ao nível da arquitectura IMS, o objectivo do projecto desenvolvido passa pela integração destas duas tecnologias com vista a criar uma aplicação que permita receber dois tipos de serviços IPTV: recepção de canais programados (*broadcast*) e vídeo a pedido (*Video On Demand*). A solução desenvolvida tem como interface uma aplicação implementada no *Media Center XBMC* que permite receber conteúdos multimédia do servidor multimédia e apresentá-los ao utilizador. A gestão dos conteúdos existentes no servidor multimédia e dos utilizadores, aos quais estes conteúdos devem chegar, é da responsabilidade de um subsistema IMS que interage com o servidor de serviços.

O desenvolvimento da solução “IPTV 2.0” pretende estudar a integração prática da tecnologia IMS numa arquitectura IPTV, de modo a se poder concluir a sua aplicação comercial num futuro próximo. Estas conclusões serão retiradas da avaliação da solução, nomeadamente através dos testes de funcionalidade e de desempenho que a solução será alvo.

1.5 Estrutura da Dissertação

Este documento é dividido em seis capítulos onde este primeiro capítulo introduziu a tecnologia IPTV, a sua definição e as arquitecturas existentes que permitem a entrega de serviços multimédia.

O segundo capítulo aborda a codificação de vídeo, os protocolos que permitem preparar os dados audiovisuais e a forma como estes dados são transmitidos pelos fornecedores de serviços através da rede com destino ao utilizador.

No terceiro capítulo são descritos os protocolos fundamentais para a gestão e transporte de conteúdos multimédia através da rede e aqueles que serviram de base para o desenvolvimento da solução “IPTV 2.0”.

O quarto capítulo introduz a tecnologia IMS e a sua integração na arquitectura IPTV. Esta introdução antecede a descrição da arquitectura desenvolvida, onde os vários elementos da solução são apresentados.

O quinto capítulo refere-se à apresentação da solução “IPTV 2.0” em termos da sua implementação e avaliação da mesma através dos testes realizados. Este capítulo começa com o estudo feito dos vários softwares existentes e a apresentação daqueles que foram utilizados do desenvolvimento da solução.

Finalmente no capítulo seis é feita uma conclusão geral do trabalho desenvolvido e apresenta as motivações para um trabalho futuro.

2 ■ Codificação e Transporte IPTV em Tempo Real

Com o aumento do número de formatos de vídeo e áudio que melhoram cada vez mais a qualidade audiovisual, mas também aumentam o nível de complexidade e recursos necessário para os reproduzir, cada vez mais há a necessidade de tecnologias de compressão que facilitem a sua transmissão numa rede de comunicação. No caso do IPTV deverá existir também uma forte interoperabilidade entre os formatos de compressão e uma normalização os dispositivos que os usam. Neste capítulo é feito o estudo das tecnologias de compressão que são normalmente usadas em IPTV, focando como é realizada a codificação de conteúdo vídeo e áudio, o empacotamento do mesmo e a sua distribuição na rede passando pelas várias camadas que compõem o modelo de comunicação IPTV.

2.1 Codificação de Vídeo

Dá-se o nome de codificação de vídeo, ao processo de compactação de um sinal de vídeo com um determinado número de bits num outro sinal com um menor número de bits. Ou seja, a codificação é a operação que permite um conjunto de dados multimédia de um certo tamanho ser transformado, com o intuito de reduzir esse tamanho, sem que a qualidade visual e sonora sejam prejudicadas pelo mesmo. Este processo é extremamente vantajoso na transmissão e armazenamento de dados multimédia, pois representa uma poupança nos custos associados. As vantagens reflectem-se tanto ao nível do fornecedor, que pode disponibilizar uma maior variedade de conteúdo audiovisual e que o pode transmitir de forma rápida, como ao nível do cliente que pode usufruir do mesmo sem que o custo seja exagerado.

O acto de transmissão de informação codificada envolve sempre um par de sistemas, o compressor ou codificador (*encoder*) e o descompressor ou decodificador (*decoder*).

O codificador converte os sinais originais, que por norma implicam uma grande quantidade de bits, numa sequência de dados de tamanho mais reduzido e prontos a serem transmitidos para a rede. À espera destes dados estará o decodificador que os devolve à sua forma original de modo a que o leitor os possa reproduzir (figura 2).



Figura 2 - Codificação de vídeo.

Ao conjunto codificador e decodificador, dá-se o nome de CODEC (do inglês *en***C**oder/ **DE**Coder).

A compressão de um sinal de vídeo é feita removendo do vídeo a redundância, isto é, componentes que não são necessárias para uma reprodução fiel do sinal de vídeo. Vários tipos de sinais de dados contêm redundâncias estatísticas e podem ser comprimidos usando algoritmos de compressão sem perdas (*lossless compression*). Com este tipo de algoritmos, à saída do decodificador encontramos uma cópia exacta dos dados originais. Este tipo de compressão, no entanto, resultado em ficheiros de tamanho bastante elevado, já que dá prioridade à preservação dos dados [5]. A indústria recorreu, então, a algoritmos que perdem alguns dados da compressão para a descompressão mas que não alteram a percepção visual. Os algoritmos com perdas (*lossy compression*) baseiam-se no princípio de remoção da redundância subjectiva (*subjective redundancy*), isto é, elementos que podem ser removidos da imagem sem alteração da percepção do utilizador/cliente que se encontra a visualizar a sequência de vídeo.

A maior parte dos sistemas de vídeo utiliza métodos que exploram tanto a redundância ao nível espacial como temporal, de forma a alcançar a compressão desejada.

No domínio temporal, existe uma correlação entre *frames* capturados de forma consecutiva (a correlação entre *frames* consecutivas aumenta quanto maior for a taxa de amostragem), isto é, se se imaginar uma bola a passar numa parede, a maior parte da imagem mantém-se igual entre *frames*. É aí que entram os métodos de eliminação da redundância temporal, removendo toda essa informação que é igual em todos os *frames* e que estaria a ser transmitida desnecessariamente.

No domínio espacial existe uma elevada correlação entre pixéis próximos entre si. Ai entra a redundância espacial, aproveitando esse conhecimento de forma a comprimir a sequência de vídeo [6].

Não obstante à cada vez maior velocidade de transmissão existente nos dias de hoje, a codificação audiovisual é um aspecto de maior relevância pois permite que as aplicações de entrega de dados multimédia como televisão ou VoD (*Video on Demand*), feitas através da Internet ou de outra plataforma de transmissão (cabo, satélite), possam fornecer conteúdos de óptima qualidade, diminuindo o tamanho dos pacotes a transmitir.

As normalizações mais utilizadas na codificação de vídeo hoje em dia serão agora analisadas focando os seus papéis em sistemas de transmissão via Internet.

2.2 MPEG

Em 1987 a IEC (*International Electrotechnical Commission*) e a ISO (*International Organisation for Standardisation*) criaram um grupo de especialistas encarregues de normalizar a codificação de áudio e vídeo. Este grupo foi intitulado *Moving Picture Expert Group*, ou MPEG [7], que teve a sua

primeira reunião em Maio de 1988 e o primeiro objectivo de desenvolver técnicas de codificação áudio e vídeo que proporcionassem boa qualidade a uma taxa de bits de aproximadamente 1.4 Mbit/sec e um sistema de sonorização dos dados previamente codificados para serem aplicados nos CDs (*Compact Disc*). A promessa do MPEG foi a de uma normalização de codificação aberta, interoperável (para vídeo e áudio) que fornecesse a funcionalidade necessária a um custo reduzido e ainda o potencial de melhorar o seu desempenho após a normalização estar completa [8].

As normalizações MPEG definem a sintaxe e a semântica de um fluxo de bits comprimidos e o procedimento de descodificação do fluxo de volta para o conteúdo vídeo e áudio original. Tendo em conta que nem os algoritmos nem os métodos de codificação são definidos pelo MPEG, estes podem ser melhorados ao longo do tempo sem nenhum risco de violação da norma [7]. Esta flexibilidade dá aos fabricantes a oportunidade de desenvolver os seus próprios sistemas de codificação aumentando assim o grau de inovação e a concorrência dos seus produtos.

Este grupo muito relevante no desenvolvimento de uma série de importantes padrões de codificação de vídeo e de áudio começando pelo MPEG-1 (compressão de vídeo e áudio para sonorização de CDs) e seguido do bem sucedido MPEG-2 (armazenamento e distribuição, *broadcasting*, de conteúdo multimédia)[6]. Dois outros padrões desenvolvidos por este grupo apresentam-se como MPEG-7, conhecido como "*Multimedia Content Description Interface*", usado na descrição de objectos multimédia, e MPEG-21, norma responsável pela compatibilidade da comunicação de dados máquina de uma forma inequívoca e segura.

Em 2003, é publicada a versão final da norma H.264/MPEG-4 Parte 10 – "*Advanced Video Coding*", na qual são descritos, com todo o detalhe, os pontos a ter em conta no desenvolvimento de um CoDec de vídeo para a norma H.264/MPEG-4.

MPEG é dividido em subgrupos de especialistas, cada um responsável por uma particular parte do processo de desenvolvimento de uma norma (tabela 4).

Quando se fala de codificadores em televisão digital, é importante a compressão dos dados áudio e vídeo originais em conteúdo mais "leve" de ser transmitido, da responsabilidade dos subgrupos vídeo e áudio pertencentes ao MPEG. O maior desafio de cada norma criada é a forma como os dados são multiplexados, ou seja, como os canais de dados, provenientes de diferentes fontes, são combinados e transmitidos através de um único canal de dados ou de um único feixe de dados. Este trabalho é realizado então pelo subgrupo de sistemas do MPEG. A tarefa deste subgrupo foca-se na multiplexagem e sincronização dos sinais de dados, vídeo e áudio codificados num único fluxo de dados (*bitstream*) ou em múltiplos *bitstreams*. Por outras palavras, o conteúdo digital multimédia (vídeo, áudio, dados) comprimido, que é representado pelo seu *bitstream* respectivo, vai ser misturado num único *bitstream*[10] de forma a facilitar a transmissão. Em vez de vários fluxos com informação dispersos, temos

apenas um, que ao ser copiado, pode ser também transmitidos para vários clientes.

Tabela 3 - MPEG subgrupos e responsabilidades [6] [9].

Subgrupo	Responsabilidades
“Requirements Systems”	Identificar as necessidades da indústria e necessidades de novas normas.
Sistemas	Combinação de áudio, vídeo e informações relacionadas; transportar e combinar dados sobre mecanismos de entrega.
Descrição	Declarar e descrever itens de média digital.
Vídeo	Codificação de imagens em movimento
Áudio	Codificação de áudio
“Synthetic Natural Hybrid Coding”	Codificação de áudio e vídeo sintético com áudio e vídeo natural
Integração	Testes de adaptabilidade e de referência para software
Teste	Métodos de avaliação da qualidade subjectiva.
Implementação	Guias experimentais, estudos de viabilidade, implementação e orientações.
Ligação (Liaison)	Relações com outros grupos e organismos relevantes.
JVT (Joint Video Team)	Normas MPEG

A figura 3 pretende ilustrar a multiplexagem de vários conteúdos multimédia num único fluxo de dados e a sua consequente transmissão.

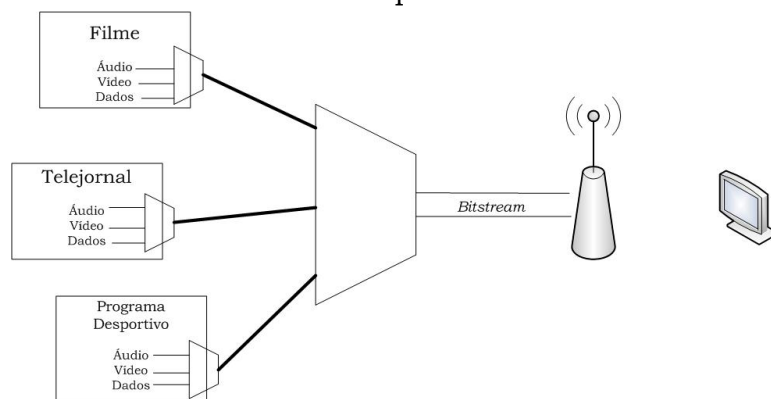


Figura 3 - Vários tipos de dados são multiplexados a fim de serem transmitidos posteriormente.

Para que isto aconteça vários pontos tem de ser tomados em atenção pela parte de sistemas de uma norma MPEG:

- Distinguir diferentes tipos de dados, como vídeo, áudio e outros.
- Alocação de largura de banda durante multiplexagem.
- Decodificar os diferentes tipos de dados durante demultiplexagem.
- Protecção do fluxo de dados em relação a erros e detecção dos mesmos.
- Multiplexar dinamicamente diversos *bitstreams*.

Necessidades adicionais para o sistema deverão incluir preocupações de extensibilidade, assim como:

- Novas extensões de serviço deverão ser possíveis.
- Decodificadores existentes deverão identificar e ignorar dados que não reconhecem.
- A sua sintaxe deverá possuir a capacidade de ser extensível [10].

A norma MPEG-1 refere-se à codificação de vídeo e áudio para armazenamento digital de multimédia até os 1,5 Mbits/s [9] e aquando do início de actividade do grupo a distribuição de televisão digital não existia comercialmente. Assim, de seguida, apenas serão objectos de estudo as normas que contribuem de forma relevante para a distribuição de televisão digital, sendo feita apenas uma pequena referencia à primeira norma do grupo MPEG.

2.2.1 MPEG-1

A primeira norma do MPEG, MPEG-1, foi desenvolvida para a aplicação de armazenamento de vídeo e sonorização em *Compact Disks* (CD) [6].

Com base na aplicação alvo, um número de requisitos foram identificados:

- Codificação de vídeo com boa qualidade em torno de 1 a 1,5 Mbit/Seg. e áudio de boa qualidade entre os 128 até 256Kbit/Seg.
- Capacidade de avançar, retroceder, mover para uma certa localização e reproduzir a uma velocidade diferente qualquer conteúdo multimédia.
- Um sistema de sonorização sincronizada de dados audiovisuais.
- Implementação de uma norma que seja praticável a um custo físico (hardware) e informático (software) razoável.

Os subgrupos pertencentes a esta norma incluem sistemas, vídeo, áudio, Software [8]. Uma breve referência à componente sistemas será feita em seguida.

Sistemas MPEG-1

O comité de Sistemas que trabalhou na norma MPEG-1 definiu técnicas específicas para combinar uma pluralidade de fluxos de dados de vídeo e áudio codificados num simples fluxo. Esta especificação fornece uma sincronização total do conteúdo audiovisual e facilita o seu armazenamento e possível transmissão do mesmo numa variedade de componentes digitais. A norma MPEG-1 em relação a Sistemas define uma estrutura de pacotes para a multiplexagem de dados vídeo e áudio codificados em apenas um fluxo de dados. A sintaxe desta norma inclui campos de dados que permitem a sincronização de um fluxo elementar, gestão de buffers de dados codificados que previnem *overflow* e *underflow*, início de acesso aleatório, e identificação temporal [8]. O princípio básico desta parte da norma é o uso de *timestamps* que especificam a descodificação e o tempo de amostragem de vídeo e áudio e o tempo de recepção dos dados codificados ao descodificador. Este método permite uma grande flexibilidade em relação ao design do descodificador, número de fluxos, tamanho dos pacotes de multiplexagem. Os Sistemas MPEG-1 especificam assim a sintaxe para a criação de fluxos codificados e a semântica para a descodificação destes *bitstreams*.

2.2.2 MPEG-2

MPEG-2 é uma norma desenvolvida para televisão digital. Mais especificamente a aplicação inicial destinava-se a vídeo com resolução de TV e áudio até cinco canais de boa qualidade desde os 4 a 15 Mbit/Seg. para aplicações como transmissão (*broadcast*) de TV digital e *Digital Versatile Disk* (DVD). O seu uso alastrou-se facilmente para outras aplicações, como o broadcast de televisão digital via cabo, satélite, *Video On Demand* (VoD), redes de Internet, e televisão de alta definição (HDTV) [8]. É baseada na norma MPEG-1 mas com várias alterações significativas de modo a suportar a aplicação alvo, incluindo suporte para a codificação eficiente de vídeo entrelaçado, uma sintaxe mais flexível, aumento da eficiência de codificação e uma melhoria considerável na parte de sistemas da norma em relação à sua flexibilidade e abrangência de soluções específicas deste subgrupo [6].

Sistemas MPEG-2

Havendo a necessidade de transmitir dados multimédia de uma forma rápida e eficaz (Internet, cabo, satélite), a norma MPEG-2 melhorou significativamente alguns aspectos da norma anterior, colmatando, assim, as falhas existentes na norma MPEG-1. A camada de Sistemas da MPEG-2 ocupa-se da multiplexagem dos vários dados de vídeo e áudio codificados em apenas um feixe de informação em forma de bits. Além disto, esta tem de certificar que este feixe, ao transportar os diversos programas e serviços com áudio, vídeo e dados, todos entrelaçados, seja reorganizado pelo descodificador no destino de novo nos

vários programas e serviços enviados. Os sistemas do MPEG-2 definem assim dois tipos de fluxos (*streams*): *program streams* e *transport stream* (figura 4).

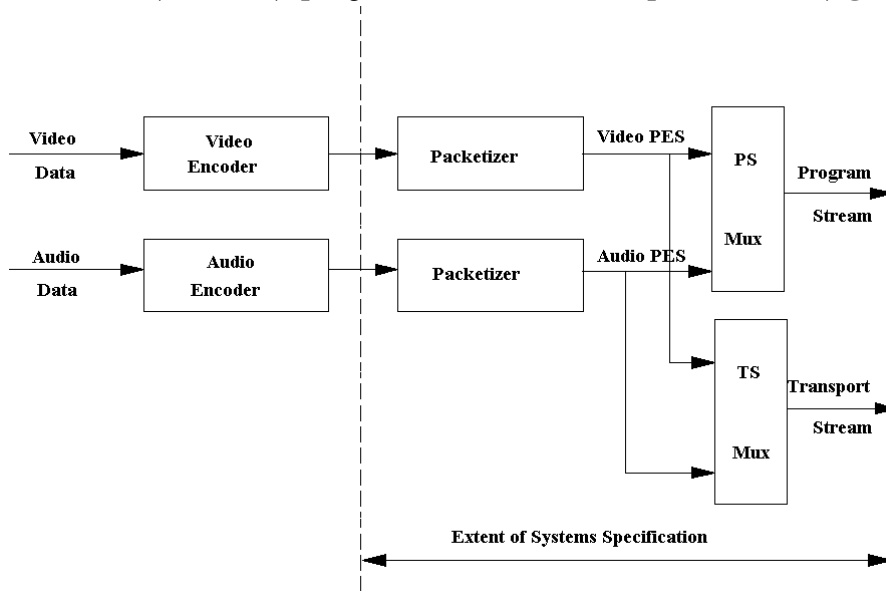


Figura 4 - Visão simplificada da camada de sistemas [8].

Os dados audiovisuais são inicialmente codificados por um codificador de vídeo e um codificador de áudio, respectivamente. O vídeo e áudio comprimidos são então empacotados pelo PES (*packetized elementary streams*). O PES áudio e o PES vídeo são codificados pelo sistema de codificação para o fluxo de transporte (*transport stream*) ou para o fluxo de programa (*program stream*) conforme as necessidades da aplicação [10].

Um fluxo de programa MPEG compreende um grupo de pacotes PES referenciados com a mesma base de tempo. Este fluxo é adequado para transmissão num ambiente relativamente sem erros e para facilitar o processo de recepção, ao nível software, dos dados. Esta forma de multiplexagem é usada para a visualização audiovisual e para algumas aplicações de rede. Num fluxo de transporte cada pacote PES é dividido em pacotes de transporte de tamanho definido de forma a combinar um ou mais fluxos. Esta abordagem é adequada para uma transmissão onde há uma potencial perda de pacotes ou corrupção por ruído, com a possibilidade de envio de mais que um programa ao mesmo tempo [11]. Ambas as definições podem ser observadas esquematicamente na figura 5.

O fluxo de transporte oferece a robustez necessária para canais ruidosos, assim como a possibilidade de incluir múltiplos canais num único fluxo de dados (*stream*). É adequado para a entrega de áudio e vídeo comprimido em canais propícios a erros como cabos coaxiais, redes televisivas e satélite.

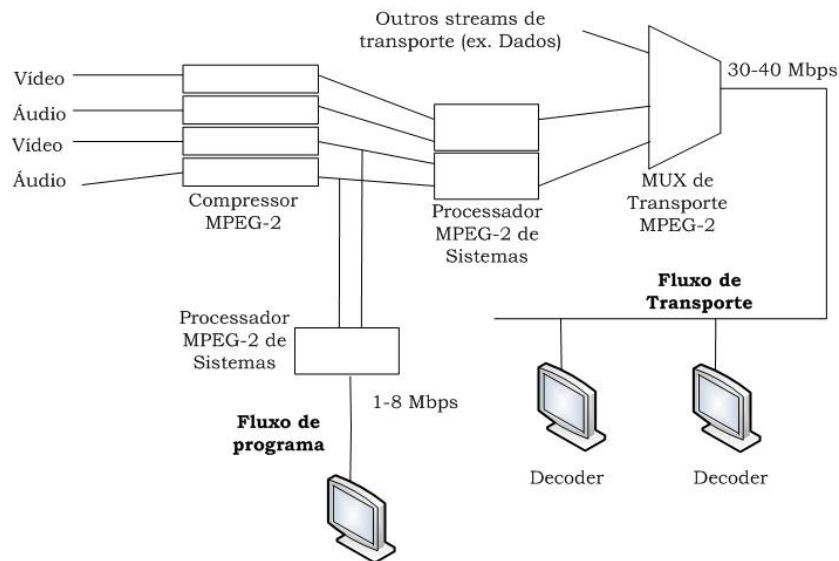


Figura 5 - Combinação de fluxos elementares desde os codificadores até fluxo de programa ou fluxo de transporte.

Torna-se fácil de concluir, então, que o fluxo de transporte (*transport stream*) adequa-se melhor ao sistema IPTV onde vamos, de seguida, aprofundar o seu estudo.

MPEG-2 TS

Um descodificador, ao receber um certo fluxo de dados, tem de conseguir percorrer esse fluxo, organizando a informação vídeo, áudio e dados por programa ou serviço de forma a apresentar o conteúdo correctamente ao espectador. Embora a norma não especifique como o codificador deve gerar o fluxo de transporte, este descreve a sintaxe do sistema de codificação de forma a criar fluxos válidos, capazes de serem descodificados pelos dispositivos dos vários construtores.

O mecanismo de transporte do MPEG-2 é similar ao do transporte IP. Os fluxos MPEG-2 transportam dados divididos em pacotes, cada um com cabeçalho (*header*) e informação específica (*payload*), ver figura 6. Uma vez comprimido, um fluxo de áudio ou vídeo designa-se fluxo elementar, ES (*Elementary Stream*), que, de seguida, será dividido e organizado nos *Packetized Elementary Stream* (PES) com pacotes de tamanho variado, cada um com o respectivo *header* e *payload*. O cabeçalho do fluxo de transporte inclui informação temporal específica que transmite ao descodificador quando deverá finalmente descomprimir os dados para serem apresentados.

Continuando o processo de codificação, os fluxos elementares empacotados (PES) são divididos de novo, desta feita para os transformar em pacotes de transporte de tamanho fixo de 188 bytes cada, dos quais 4 são usados para cabeçalho do pacote do fluxo de transporte, figura 7.

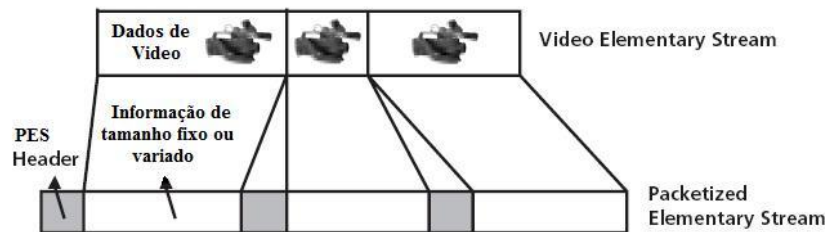


Figura 6 - Estrutura de um fluxo PES [7].

Uma vez divididos em pacotes de transporte, o fluxo de vídeo ou áudio é então multiplexado, ou unido, com outros fluxos semelhantes contendo outros serviços. Esta união de vários serviços chama-se então *transport stream*.

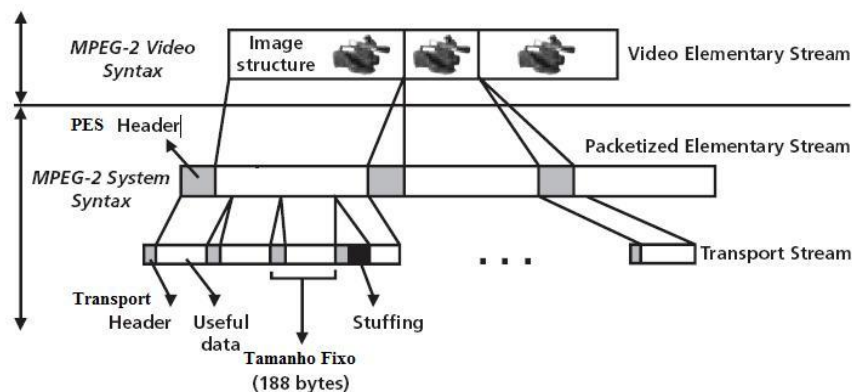


Figura 7 - Criação de um Fluxo de Transporte [7].

Para além dos elementos PES que formam um pacote de transporte, outro tipo de pacotes podem existir num fluxo de transporte. Os pacotes PSI (*Program-Specific Information*), descritos em detalhe mais tarde, possuem informação usada pelos decodificadores para desmultiplexar os programas existentes no fluxo de transporte, a fim de encontrar facilmente o conteúdo existente no fluxo.

Para o decodificador entender os pacotes recebidos, deve ter noção da informação contida no cabeçalho dos mesmos. Seguidamente é descrito as partes que compõem um cabeçalho de um pacote de transporte.

Formato de um pacote de transporte

Cada campo do cabeçalho indica uma característica específica que permite ao decodificador reconstruir o conteúdo audiovisual de forma correcta.

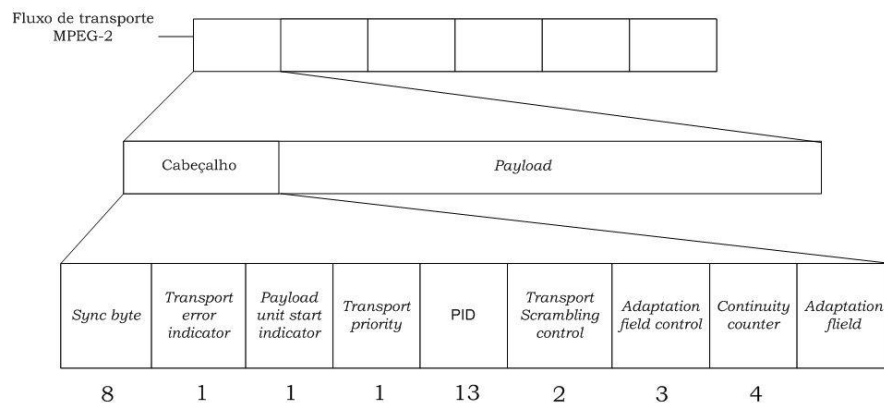


Figura 8 - Cabeçalho de um pacote de transporte MPEG-2.

Um cabeçalho contém 4 bytes divididos por 8 campos. Assim, seguindo a figura 8, da esquerda para a direita:

- *Sync_byte*:
 - Campo fixo de 8 bits com o valor 0100 0111 (decimal - 41).
- *Transport_error_indicator*:
 - Se for 1 indica que existe um erro no pacote de transporte. Este campo é útil para cancelamento de erro, pois indica em que pacote se encontra o erro.
- *Payload_unit_start_indicator*:
 - Um bit que indica se o pacote transporta pacotes PES ou dados PSI (*Program-Specific Information*).
- *Transport_priority*:
 - Indica se o pacote possui maior prioridade em relação a outro pacote com o mesmo PID (*Packet Identification*).
- PID:
 - Campo de 13 bits que fornece informação para multiplexagem e desmultiplexagem identificando que pacote pertence a um particular *bitstream*.
- *Transport_scrambling_control*:
 - Indica se o pacote esta ou não codificado.
- *Continuity_counter*:
 - Contador que indica o numero de pacotes de transporte com o mesmo PID.
- *Adaptation_field_control*:
 - Indicador que informa se existe ou não um campo de adaptation field dentro de um pacote de transporte [10].

O *adaptation field* é um campo que pode existir num pacote de transporte com funcionalidades de temporização, decodificação de fluxos de bits elementares e *stuffing*, ou seja, preencher o pacote com informação sem utilidade para completar os 188 bytes estabelecidos por norma.

PES (*Packetized Elementary Stream*) e Temporização

Como referido anteriormente, os dados de um fluxo elementar são transportados em pacotes PES. O cabeçalho de um pacote PES começa com 32 bits que identificam o fluxo ou o tipo de fluxo do qual pertence o pacote (áudio ou vídeo). Para que os pacotes PES sejam tratados pelo decodificador no tempo correcto, para além de outros campos, existem marcas temporais, que indicam o momento de uma certa acção em cada pacote: o *Decoding Time Stamping* (DTS) e o *Presentation Time Stamping* (PTS). Estes informam o decodificador quando um dado, contido no pacote, deve ser decodificado (DCT) e apresentado (PCT).

A temporização no fluxo de transporte é baseada no *System Time Clock* (STC) do codificador. Para assegurar a sincronização correcta no processo de decodificação, o relógio do decodificador deve ser acertado em relação ao STC do codificador através um *timestamp*, colocado em cada programa, chamado *Program Clock Reference* (PCR). Antes do fluxo de transporte ser criado, o codificador adicionar DTSS (*Decoding Time Stamping*) e PTSs (*Presentation Time Stamping*) em cada cabeçalho de pacote PES. Adiciona também um PCR para cada programa existente num fluxo de transporte. Já no decodificador, o PCR (*Program Clock Reference*) passa por um *Phase Lock Loop* (PLL), que acerta o relógio do decodificador com o STC do codificador. Este processo garante, então, a sincronização entre codificador e decodificador (figura 9) [9].

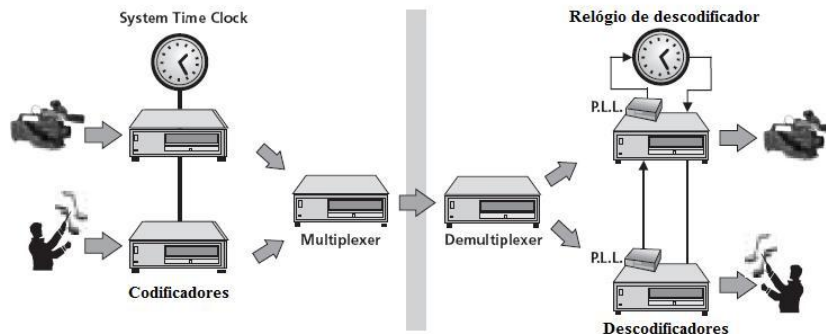


Figura 9 - Temporização no fluxo de transporte [7].

Program-Specific Information (PSI) – Tabelas PSI

Para que os utilizadores possam escolher entre vários programas contidos num único fluxo de transporte, o decodificador terá de ser capaz de recolher a informação de vídeo, áudio e dados referente a cada programa. As tabelas PSI (*Program-Specific Information*), contidas nos pacotes PSI fornecem de forma simples e rápida, os dados necessários para encontrar um certo programa e o apresentar ao espectador. Além disso também ajudam a verificar o acesso condicional (*Conditional Access* - CA) a este. A informação PSI é repetida frequentemente (por exemplo, 10 vezes por segundo) no fluxo de transporte, de

forma a suportar o acesso aleatório ao descodificador para iniciar ou mudar de canal [9]. As tabelas PSI são sumariadas na tabela 4.

Tabela 4 - Tabelas PSI.

Tabela PSI	PID
Program Association Table (PAT) - Um directório base para o fluxo de transporte que contém o valor PID (<i>Packet Identification</i>) dos pacotes que informam a PMT (<i>Program Map Table</i>) associado a cada programa.	0x0000
Conditional Access Table (CAT) - Fornece o valor PID dos pacotes contendo cada <i>Entitlement Management Message</i> (EMM). EMMs actualizam as opções de subscrição ou direitos de visualização de programas para cada utilizador.	0x0001
Program Map Table (PMT) - Lista os números PID dos pacotes que contém o vídeo, áudio, referencias de relógio e outros dados de um certo programa.	Incluído em PAT
Network Information Table (NIT) - Não definido pelo MPEG-2. É opcional e fornece parâmetros físicos da rede.	

Program Association Table (PAT)

Esta tabela é a primeira paragem do descodificador quando pretende localizar um programa. É facilmente localizável pois possui o número de identificação (PID) 0x0000. A PAT é como um índice que inclui a localização de cada “capítulo”, ou seja, de cada *Program Map Table* (PMT) associado a um programa. A PAT indica então o valor PID do pacote que contém o PMT do programa. Esta tabela, (por exemplo a tabela 5), também pode informar o PID dos pacotes contendo tabelas NIT (*Network Information Table*), que fornecem acesso a outros fluxos de transporte na rede.

Tabela 5 - Tabela PAT.

Conteúdo exemplo de um fluxo de transporte	
Programa	PMT PID
1	0x0065
Programa	PMT PID
2	0x0032
Programa	PMT PID
3	0x0056
Programa	PMT PID
4	0x0120
NIT	PID 0x0016

Program Map Table (PMT)

Cada tabela PMT mapeia um programa específico, listando os PIDs dos pacotes contendo os componentes vídeo, áudio e outros dados de um programa. Com esta informação o decodificador pode facilmente localizar e apresentar o conteúdo do programa, (por exemplo tabela 6).

Tabela 6 - Tabela PMT do Programa 1.

Conteúdo do Programa 1	
Vídeo	PID 0x0131
Áudio	PID 0x0132
Português	
Áudio	PID 0x0133
Inglês	

Conditional Access Table (CAT)

A sintaxe MPEG-2 permite a fornecedores de conteúdo audiovisual transmitirem informação de acesso condicional (*Conditional Access*) no fluxo de transporte na forma de *Entitlement Management Messages* (EMMs). Estas mensagens servem para actualizar as informações de cada cliente e para que o conteúdo recebido seja de facto para o cliente correcto ou grupo de clientes. A CAT informa o decodificador onde se encontram estas mensagens no fluxo de transporte listando a sua localização através do seu *packet identification* (PID). Esta tabela é identificada pelo valor 0x0001. Exemplo de uma tabela CAT pode ser visto na tabela 7.

Tabela 7 - Tabela CAT.

Localização de EMMs	
EMM A	PID 0x0061
EMM B	PID 0x0076
EMM C	PID 0x0109

Network Information Table (NIT)

Esta tabela fornece, além de parâmetros físicos da rede, informação que permite localizar outros fluxos de transporte na rede. A NIT é especificada mas não definida pelo MPEG-2.

2.2.3 MPEG-4

MPEG-4 é um padrão ISO/ISE desenvolvido pelo MPEG para aplicações multimédia. Foi inicialmente concordado para codificação de vídeo a uma taxa reduzida e foi modificado para uma codificação genérica de objectos audiovisuais para aplicação multimédia. Exemplos de áreas de aplicação que utilizam MPEG-4 são as seguintes:

- Internet e intranet vídeo.
- Compras online.
- Jogos de vídeo virtuais, simulação.
- Base de dados de objectos multimédia.

Tendo em conta estas áreas de aplicação, certas características foram tomadas em conta para a norma:

- Interactividade de conteúdos – permite interagir com objectos importantes numa cena. Suporta também escalabilidade espacial e temporal de objectos multimédia.
- Acessibilidade universal – possibilidade de aceder a dados audiovisuais sobre um variado leque de meios de armazenamento e transmissão. Com o crescente desenvolvimento das comunicações móveis é importante esse acesso estar disponível para aplicações via rede *wireless*.
- Compressão melhorada – permite um aumento de eficiência de transmissão e diminuição da capacidade de armazenamento necessária. Devido à sua natureza orientada a objectos, MPEG-4 permite uma adaptação bastante flexível de grau de compressão em relação à largura de banda e à capacidade de armazenamento [8].

O padrão MPEG-4, também referenciado como ISO 14496, engloba 25 partes das quais são listados, de seguida, os considerados mais importantes:

- 14496-1 Sistemas
- 14496-2 Vídeo
- 14496-3 Áudio
- 14496-4 *Conformance*
- 14496-5 Software
- 14496-6 *Delivery Multimedia Integration Framework* (DMIF)
- 14496-7 Software optimizado para ferramentas MPEG-4
- 14496-8 Transporte em Redes IP.
- 14496-9 Hardware de referencia.
- 14496-10 *Advanced Video Coding* (AVC).

Mais uma vez a parte de sistemas vai ser alvo de um estudo mais detalhado, assim como a parte 6, o DMIF, que se apresenta como uma estrutura para o transporte de tecnologia.

Um terminal MPEG-4 compreende 3 camadas: camada de compressão, de sincronização e distribuição (figura 10). A camada de compressão executa a codificação e decodificação de dados multimédia de e para fluxos elementares (*elementary streams*) e é especificado nas partes 2 e 3 do padrão. A camada de sincronização gere os fluxos elementares e a sua sincronização e relações hierárquicas, especificado na parte 1 do MPEG-4. Finalmente a camada de distribuição assegura o acesso transparente ao conteúdo multimédia independentemente da tecnologia de distribuição e é especificado na parte 6 da norma.



Figura 10 - Várias camadas do padrão MPEG-4 [12].

MPEG-4 DMIF (*Delivery Multimedia Integration Framework*)

O DMIF, ou *Delivery Multimedia Integration Framework*, funciona como uma interface entre a aplicação e o transporte, permitindo a quem desenvolve aplicações MPEG-4 não se preocupar com a parte de transporte. Uma aplicação pode correr em camadas de transporte diferentes quando suportada pela DMIF correcta.

O DMIF é também um protocolo de sessão destinado à gestão de fluxos multimédia sobre várias tecnologias de distribuição. O seu princípio de funcionamento é similar ao FTP. No protocolo FTP, a sua primeira acção é estabelecer uma sessão com a outra parte onde, depois de seleccionados os ficheiros, é feito um pedido pelo FTP para os poder descarregar. Finalmente os ficheiros são enviados através de uma outra conexão. A diferença essencial é que em vez de retornar dados, o DMIF retorna apontadores para a localização onde poderão ser retirados esses dados (em forma de *streams*). No caso do DMIF, após a sessão ser estabelecida e os fluxos serem seleccionados, este faz um pedido para que estes fluxos sejam transmitidos. O DMIF retorna então os apontadores para as conexões onde os fluxos devem ser extraídos [13].

O DMIF especifica a semântica para a DMIF *application interface* (DAI) de forma a satisfazer os requisitos para transmissão, armazenamento local e cenários de interacção remota de uma forma uniforme. A qualidade de serviços é também considerada no design DMIF, pelo que a DAI permite que um utilizador

especifique os requisitos para um dado fluxo desejado. A implementação DMIF é então responsável que esses requisitos sejam cumpridos.

Podemos então considerar que a estrutura de integração DMIF cobre três tecnologias principais: tecnologia de rede interactiva, tecnologia de transmissão e tecnologia de armazenamento (figura 11).

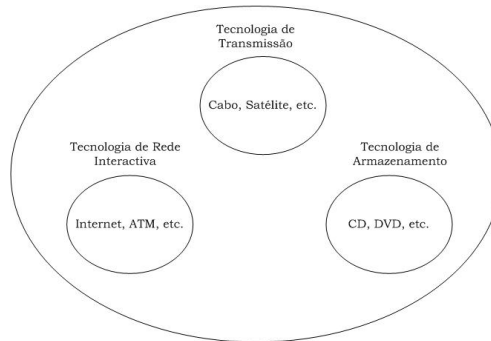


Figura 11 - Framework de integração para distribuição de tecnologia.

A arquitectura DMIF foi especificada para que as aplicações que usam DMIF para comunicar com outros pares, não precisem de se preocupar com o método de comunicação utilizado. A implementação da DMIF toma conta dos detalhes da tecnologia de distribuição apresentando uma simples interface para a aplicação. Assim, uma aplicação acede a dados pela interface de aplicação DMIF (DAI), independentemente de os dados serem provenientes de *broadcast*, armazenamento local ou um servidor remoto.

Quando uma aplicação requer a activação de um serviço, usa as primitivas de serviço da DMIF *application interface* (DAI), que cria uma sessão de serviço. A implementação DMIF contacta então o seu par correspondente, em outro ponto da rede, e cria uma sessão de rede com este. A associação de sessão de serviços e de rede é mantida pela camada DMIF. As aplicações que pretendam comunicar usam sessões de serviço para criar conexões que são usadas para transportar dados da aplicação, como por exemplo fluxo elementares MPEG-4.

A figura seguinte (figura 12) fornece uma visão de alto nível da activação de um serviço e a inicialização de troca de dados no caso de cenários interactivos.

Esta interacção pode ser resumida através dos seguintes passos:

1. A aplicação de origem requer uma sessão de serviço à camada DMIF local – um canal de comunicação é estabelecido entre os dois ao nível do plano de controlo.
2. A DMIF do ponto da rede de origem cria uma sessão de rede com a DMIF do ponto de destino da rede: um canal de comunicação é estabelecido entre eles.
3. A DMIF do ponto de destino da rede identifica a aplicação destinada a receber dados e encaminha um pedido de activação de serviço. Um canal é estabelecido entre ambos.
4. As aplicações nos dois pontos da rede criam canais de comunicação (através de pedidos que circulam pelos canais 1,2 e 3). Os canais

resultantes transportarão os dados trocados entre as aplicações [13].

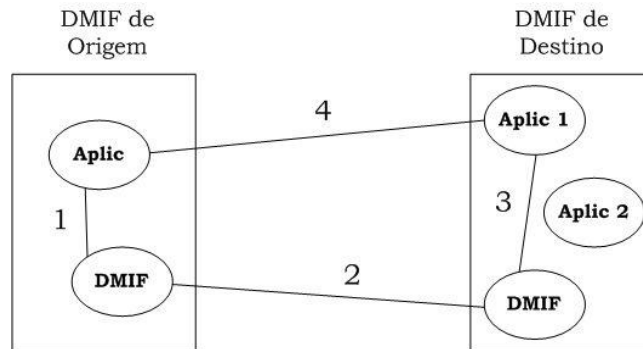


Figura 12 - Modelo computacional da DMIF.

Sistemas MPEG-4

A parte de Sistemas da norma MPEG-4 é usada para definir os critérios para a comunicação de cenas audiovisuais interactivas.

No codificador, os dados de vídeo, áudio, e de outra informação adicional são primeiro comprimidos e complementados com informação temporal adicional para efeitos de sincronização. Os dados comprimidos e a informação temporal são então transferidos para a camada de transporte que se encarregam da multiplexagem dos mesmos na forma de fluxos binários codificados a fim de serem armazenados ou transmitidos. No decodificador, estes fluxos são sujeitos à sua desmultiplexagem e descompressão. Os objectos vídeo e áudio reconstruídos são colocados conforme a descrição da cena e informação temporal pela qual foram primeiramente comprimidos e são então apresentados ao utilizador.

2.2.4 H.264 / MPEG4 Parte 10 - AVC

H.264 ou MPEG-4 Part-10/AVC é o nome de uma norma para a compressão de vídeo relativamente recente (2003) desenvolvido conjuntamente por especialistas desta área das organizações ITU-T e ISO. A recomendação ITU-T ficou conhecida como H.264, enquanto a normal ISO é chamada MPEG-4 Part-10/AVC (*Advanced Video Coding*). O principal objectivo do H.264/AVC é a eficiente e robusta compressão de frames rectangulares de vídeo para aplicações como IPTV, armazenamento, videoconferência, videotelefone, transmissão de conteúdos e *streaming* sobre uma vasta variedade de redes.

Os maiores benefícios de H.264/AVC são os seguintes:

- *Bom desempenho* – é uma tecnologia áudio/vídeo relativamente recente com melhores capacidades de compressão de que as normas anteriores. Assim, permite a distribuição de serviços de vídeo de alta qualidade sobre redes com capacidade de banda larga limitadas.
- *Interoperabilidade com infra-estruturas de processamento de vídeo existentes* – esta norma permite que operadores utilizem as suas infra-

estruturas de rede baseadas em MPEG-2 e existentes.

- *Suporte para HDTV (High-Definition TeleVision)* – quando utilizado nas suas capacidades óptimas, a norma pode duplicar ou mesmo triplicar a capacidade de transporte das redes existentes. Consequentemente, operadores de telecomunicações podem usar esta norma para enviar conteúdo vídeo de qualidade DVD de alta definição sobre as suas redes de IP existentes.
- *Seleccionado por um largo número de organizações* – tendo em conta que H.264/AVC é um padrão internacional aberto, ou seja, pode ser usado por qualquer entidade para implementar as suas aplicações, recebeu bastante suporte da indústria para a sua utilização. Algumas das organizações que recomendam o uso desta norma nas suas especificações e normas incluem DVD Forum, Blue-ray Disk Association, DVB, ATSC, IETF, ISMA.

O facto de o H.264/AVC ser um padrão aberto é uma das muitas razões por ter recebido tamanha aceitação na indústria audiovisual.

- *Espaço de armazenamento reduzido* – H.264/AVC reduz o espaço necessário pelos servidores para armazenar conteúdo vídeo.
- *Independente do transporte* – o conteúdo comprimido H.264/AVC pode ser transmitido sobre uma larga gama de protocolos incluindo RTP, UDP, TCP e MPEG-2 transport streams.
- *Adapta-se facilmente a redes de qualidade inferior* – cancelamento de erros e mecanismos de recuperação permite a este padrão operar neste tipo de redes.
- *Usado numa grande variedade de aplicações* – H.264/AVC é uma tecnologia de compressão extremamente flexível e é por um diferente número de tipos de mercado desde IPTV e vídeo-conferência até entretenimento móvel e jogos portáteis.

Este padrão oferece um aumento de eficiência de compressão que ultrapassa os 50% em relação a outras normas de codificação como MPEG-4/Parte 2 ou H.263. Esta melhoria de eficiência de codificação do H.264/AVC não é devida a uma mudança drástica dos princípios de codificação, até porque segue o mesmo modelo baseado em blocos seguido nas outras normas. O desempenho superior desta norma resulta do efeito agregado de uma série de inovações algorítmicas, cada uma incrementando o ganho [14]. A diferença entre os vários formatos pode ser comparada na figura 13 onde para se obter a mesma qualidade o formato H.264/AVC necessita de cerca metade do débito do formato MPEG2.

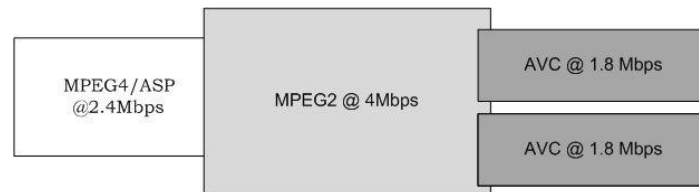


Figura 13 - Diferença de desempenho entre Codecs.

Um exemplo prático do uso de H.264/AVC é ilustrado no seguinte exemplo. Considerando uma paisagem de um pastor num campo com o seu rebanho. De uma perspectiva técnica podemos decompor a cena nos seguintes objectos:

- 1.O terreno, as montanhas e o fundo.
- 2.O céu.
- 3.O pastor e o rebanho.
- 4.A voz do pastor.
- 5.Som produzido pelo rebanho.

O H.264/AVC trata cada um destes objectos separadamente. Compressão é então aplicada a cada um objecto. Os dois primeiros objectos representando o terreno, as montanhas e o céu são estáticos, pelo que o seu processamento é directo. Já em relação ao pastor e o seu rebanho este processamento é mais sofisticado. Em relação aos objectos áudio, o padrão codifica a voz do pastor num formato de compressão de acta qualidade, o que melhora a sua clareza. O som do rebanho não tem tanta importância para o espectador pelo qual uma compressão menos precisa é aplicada neste objecto. Assim, uma grande vantagem de objectos comprimidos separadamente é o facto de alguns objectos não necessitarem de uma compressão tão precisa em relação a outros, poupando assim largura de banda. Esta estratégia faz de H.264/AVC uma tecnologia ideal para ser usada em redes IPTV [15].

2.3 VC-1

VC-1, acrónimo para *Video Codec 1*, é um *codec* de vídeo bastante recente, (2006), que tem sido normalizado pela *Society of Motion Picture and Television Engineers* (SMPTE). Este padrão, descrito no documento SMPTE 421M, foi originalmente baseado no codificador *Windows Media Player 9* e foi projectado para obter óptima qualidade de vídeo comprimido a taxas de *bits* que podem variar desde muito baixas até bastante elevadas. Embora os esquemas de compressão de VC-1 sejam semelhantes aos padrões MPEG, esta norma inclui um número de inovações e optimizações que resultam numa excelente qualidade de vídeo e eficiência computacional [16] suportando também outros formatos de vídeo como DVD de alta definição (HD-DVD) e *Blu-ray*. Algumas características do VC-1 incluem o seguinte.

- *Distribuição de conteúdos sobre uma grande variedade de plataformas* - VC-1 é suportada por uma larga gama de dispositivos desde leitores de DVD e *set-top boxes*, até dispositivos multimédia portáteis e móveis.
- *Suporte para três perfis separados* – quando integrado num dispositivo que recebe conteúdo IPTV, o VC-1 implementa três perfis: simples, principal, e avançado. Cada um indicado para diferentes tipos de aplicações. O perfil simples, por exemplo, é particularmente usado para aplicações de *streaming* através da Internet onde a taxa de *bits* é baixo, enquanto o perfil avançado é destinado para acomodar a compressão de conteúdo HDTV. Dos três perfis, o perfil principal é o mais indicado para ser usado num ambiente IPTV, principalmente na distribuição de vídeo sobre redes baseadas em DSL (*Digital Subscriber Line*)
- *Opera através de várias tecnologias de redes de transporte* – VC-1 é indiferente ao protocolo de transporte que se situa de baixo dele e não está ligado a nenhum mecanismo de transporte de conteúdo sobre uma rede IPTV.

2.4 Modelo de Comunicação IPTV (IPTVCM)

O modelo de comunicação IPTV é constituída por sete camadas conceptuais organizadas de acordo como é ilustrado na figura 14.

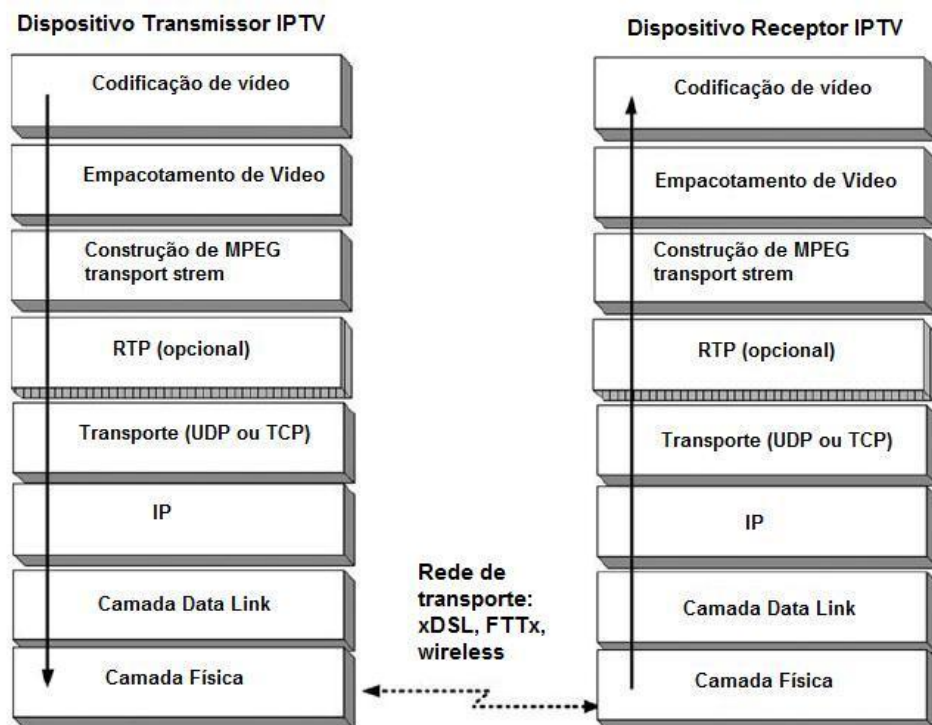


Figura 14 - Modelo de comunicação IPTV.

Os dados de vídeo passam desde a primeira camada, em relação ao dispositivo que envia o conteúdo de vídeo, até última camada que envia os dados através da rede pelos protocolos da camada física. Quando chega ao dispositivo

receptor este descodifica a informação recebida de novo ao longo das mesmas camadas, até poder exibir o conteúdo vídeo.

Assim, sempre que um conteúdo multimédia é, por exemplo, requisitado, este terá por passar por todas as camadas tanto na parte que envia o conteúdo como na parte que o recebe. Cada camada no modelo de comunicação tem uma série de responsabilidades, que tem de ser realizadas antes de os dados possam prosseguir para a camada seguinte, que passam pela adição de informação de controlo na forma de um cabeçalho que é acrescentado ao pacote previamente recebido da camada anterior. No dispositivo receptor o processo inverso decorre de forma a se obter o conteúdo inicialmente pedido.

Relativamente às primeiras três camadas do modelo, estas já foram abordadas aquando do estudo individual de cada padrão de codificação. Nesta parte do capítulo é apresentado o estudo das camadas seguintes mais relevantes começando pela camada IP.

2.4.1 Camada IP (*Internet Protocol*)

O protocolo IP (*Internet Protocol*) é definido na norma RFC791 do IETF (*Internet Engineering Task Force*) e pode designar-se como a espinha dorsal do que chamamos Internet. Todos os pacotes que são encaminhados pela internet usam-no. É um protocolo não orientado à ligação, onde cada pacote é tratado independentemente, não havendo qualquer relação com outro. O IP é responsável pela comunicação entre cada elemento da rede para permitir o transporte de uma mensagem de um *host* de origem até a um *host* de destino, podendo o datagrama passar por várias sub-redes (a origem e o destino são hosts identificados por endereços IP).

Este protocolo não efectua gestão fim-a-fim, cabendo essa responsabilidade aos protocolos das camadas superiores, nomeadamente do TCP ou UDP. Deste modo, nenhum mecanismo de controlo de fluxo ou de controlo de erros de dados são usados, verificando-se apenas a integridade do cabeçalho através de um *checksum* (soma de controlo), de modo a assegurar que os datagramas são encaminhados devidamente.

O protocolo IP tem como funções mais importantes a atribuição de um esquema de endereçamento independente do tipo da rede utilizada e independente da topologia da rede. Além disso, deve ter a capacidade de encaminhar e tomar as respectivas decisões de encaminhamento para o transporte das mensagens entre os elementos que interligam as redes.

2.4.2 Camada de Transporte (TCP e UDP)

A função principal desta camada é assegurar a comunicação fiável e integra entre dois pontos da rede para que os dados possam ser transmitidos sem grandes perdas e com a velocidade necessária para que estas ligações sejam feitas em tempo real à qual as aplicações IPTV estão associadas.

Assim, os dois protocolos mais importantes relacionados com estas funções e incluídos nesta camada do modelo de comunicação IPTV são TCP (*Transport Control Protocol*) e UDP (*User Datagram Protocol*).

TCP

É orientado à conexão e confiável, pois existe a garantia da transmissão integral dos dados para os *hosts* de destino previstos e na sequência correcta. Quando ocorrem erros, caso a informação seja impossível de recuperar (através do *checksum*) ou caso o pacote TCP/IP se tenha perdido durante a transmissão, TCP garante a retransmissão do mesmo. Esta informação é possível mediante o envio por parte do destino de uma mensagem de “*acknowledgement*”. Para que seja possível identificar a que serviço um determinado datagrama pertence, o TCP utiliza uma porta específica, está associada um serviço. Após determinada a porta, toda a comunicação com a aplicação é realizada e endereçada através dela. O cabeçalho deste protocolo é ilustrado na figura 15.

16-bit						32-bit					
Source Port						Destination Port					
Sequence Number											
Acknowledgement Number (ACK)											
Offset Reserved		U	A	P	R	S	F	Window			
Checksum						Urgent Pointer					
Options and Padding											

Figura 15 - Cabeçalho TCP [17].

UDP

UDP é um protocolo mais leve que o TCP pois presta apenas os serviços mínimos de transporte de dados entre hosts. Não é orientado à conexão, ao contrário do protocolo anterior, o que significa que a ligação entre o servidor IPTV e o dispositivo receptor não necessita de ser estabelecida antes que o conteúdo seja transmitido pela rede. Basicamente o servidor de vídeo adiciona no cabeçalho UDP (figura 16) o endereço IP e número de porta do destinatário e passa o pacote resultante à camada seguinte.

Bits 0																15	16																31
Porto de Origem																Porto de Destino																	
Tamanho (Cabeçalho + Dados)																<i>Checksum</i>																	
Dados (mensagem)																																	

Figura 16 - Cabeçalho UDP.

O protocolo UDP tem as suas vantagens e desvantagens. Em relação às vantagens, podemos mencionar:

- *Sem paragens na distribuição de conteúdo IPTV* – a entrega de conteúdo não é atrasado, mesmo que haja um pacote em atraso ou danificado na rede, ao invés do protocolo TCP, que há uma paragem na reprodução vídeo à espera do pacote em atraso ou na substituição no pacote perdido.
- *Overhead baixo* – o tamanho do cabeçalho UDP, apenas 8 *bytes*, (contra os 20 *bytes* do TCP), ajuda na transmissão de dados.
- *Estabelecimento rápido de conexões* – a ligação entre dispositivos é feita num espaço de tempo curto pois há menos variáveis a ter em conta.
- *Fácil implementação* – do ponto de vista técnico o protocolo UDP é bastante fácil de implementar pois não há necessidade de controlar os pacotes na rede depois de ser transmitidos.

Em relação a desvantagens, podemos apontar:

- *Integridade dos dados* – a integridade dos dados não é garantida pelo protocolo uma vez que somente o cabeçalho passa pelo *checksum*. Outros problemas de comunicação não são contemplados neste protocolo.
- *Não fiável* – o protocolo UDP não garante ou confirma a entrega, nem estabelece a sequência dos dados.

TCP versus UDP

A escolha entre estes dois protocolos depende das funcionalidades que uma aplicação pretenda executar e de como quer que o conteúdo IPTV chegue ao dispositivo de destino. Embora o protocolo TCP suporte em mais funcionalidades do que o UDP, este não é o mais popular no que diz respeito à distribuição de conteúdo multimédia. Tal deve-se a este tipo de aplicações em tempo real não deverem sofrer atrasos temporais de pacotes. Esta latência, ou seja, o tempo que demora algo a ser inicializado até que sejam observados os seus efeitos, torna-se uma característica pouco atraente do protocolo TCP devido aos seus mecanismos de controlo de fluxo. Algumas características e limitações do TCP que interferem com a entrega em tempo real de conteúdo IPTV são descritas a baixo.

- *Atrasos temporais* – como já referido a tecnologia IPTV é menos sensível a pacotes corrompidos do que é em relação a atrasos de pacotes. O TCP executa o serviço de retransmitir algum pacote que sofra erros de transmissão (perda, erro de cabeçalho), mas esta funcionalidade aumenta o tempo de entrega de conteúdo.
- *TCP é orientado à conexão* – o facto de haver a necessidade de estabelecer uma ligação entre o servidor IPTV e o dispositivo que recebe os dados multimédia antes de estes serem enviados pela rede resulta num atraso

inaceitável, por exemplo, quando se muda de canal, onde esta ligação deverá ser realizada sempre que tal acontece.

- *Suporte para controlo de tráfego - TCP* garante a entrega de dados. Por cada pacote enviado, deverá receber um *acknowledgement* da parte do receptor a confirmar a entrega deste. Num sistema IPTV isto pode provocar congestionamento de tráfego sem falar que aquando de um pacote perdido, este ao ser retransmitido, afectará a sequência prevista do conteúdo.
- *Falta de suporte para multicast* – TCP é incapaz de ser escalável o suficiente para ser utilizado num ambiente *multicast*, o que torna UDP uma melhor escolha para este tipo de serviços.

Estas são algumas das razões principais pelas quais o protocolo TCP não é muito usado num sistema IPTV mas não deixa de ser usado em algumas aplicações tipo e-mail ou download de conteúdo para ser reproduzido posteriormente. Assim, embora o protocolo UDP não garanta a entrega de dados e correcção de erros, é o mais usado na entrega de serviços IPTV pela sua rapidez na entrega de dados e suporte para *multicast*, que irá ser estudado mais adiante neste documento.

2.4.3 RTP (*Real-Time Transport Protocol*)

O protocolo RTP fornece funcionalidades de transporte através da rede usadas por aplicações para a transmissão de dados de vídeo, áudio e outros, em tempo real sobre redes de serviço *multicast* ou *unicast*.

RTP é, de facto, um conjunto de dois protocolos: o responsável pelo empacotamento dos dados a serem transmitidos e o protocolo de controlo de transporte, RTCP (*Real Time Control Protocol*). Este último é usado para monitorar a qualidade dos dados transmitidos, de uma maneira escalável para fornecer o mínimo de controlo numa sessão e funcionalidades de identificação das partes envolvidas nesta. RTP e RTCP foram projectados para serem independentes da camada de transporte situada abaixo destes e embora sejam utilizados paralelamente, os pacotes de cada protocolo são transmitidos de forma independente. De seguida é feita uma descrição funcional do protocolo RTP identificando os campos presentes num cabeçalho RTP, figura 17, e a sua descrição relacionada com o seu papel no contexto IPTV.

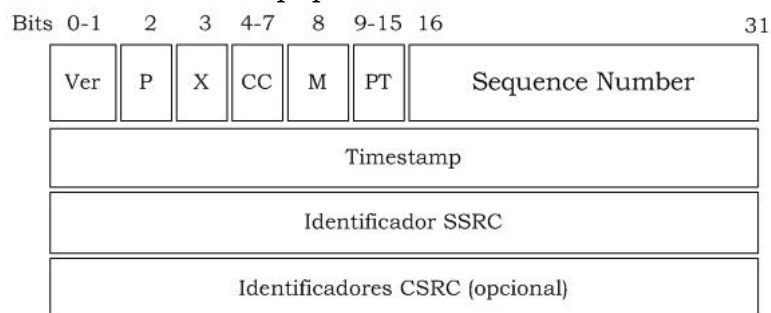


Figura 17 - Cabeçalho do protocolo RTP.

- *Version (Ver.)* – Identifica a versão RTP usada no pacote IPTV (normalmente versão 2).
- *Padding (P)* – um *bit* que informa se existem octetos de encontros (*padding*) no pacote RTP.
- *Extension (X)* – Se este *bit* estiver a um, então o cabeçalho possui uma extensão no fim deste.
- *Contributing Source (CSRC) count (CC)* – contém informação acerca do número de identificadores CSRC incluídos no pacote.
- *Marker (M)* – Define as fronteiras do frame. Definida pelo perfil RTP.
- *Payload Type (PT)* – Identifica o tipo de *payload* presente no pacote (áudio, vídeo, imagem, texto, HTML, etc.).
- *Sequence number* – Número identificativo que ajuda a detectar pacotes perdidos na rede. Ajuda ainda a reordenar os pacotes que chegam ao destino fora da sequência.
- *Timestamp* – Este campo contém o “carimbo” temporal para o pacote, que é derivado de uma fonte de relógio fiável. É usado para inserir os pacotes áudio e vídeo na ordem temporal correcta no fluxo IPTV.
- *SSRC (synchronization source)* – o propósito deste campo é identificar a fonte de sincronização na rede IPTV. Junto com o número de sequência ajuda a rectificar problemas que apareçam no fluxo IPTV.
- *Identificadores CSRC* – 32 *bits* que identificam as várias fontes vídeo e áudio que contribuem para o *payload*.

Formato do *payload* RTP para empacotamento de fluxos MPEG-2 comprimidos

Em vez de os pacotes MPEG-2 TS (*transport stream*) serem transportados directamente pelo protocolo de transporte UDP, estes pacotes podem ser transportados por RTP que serve como interface entre os pacotes com conteúdo multimédia comprimidos (camadas superiores) e os protocolos de transporte. O mapeamento dos pacotes MPEG-2 TS em pacotes RTP é bastante directo como, ilustrado na figura 18.

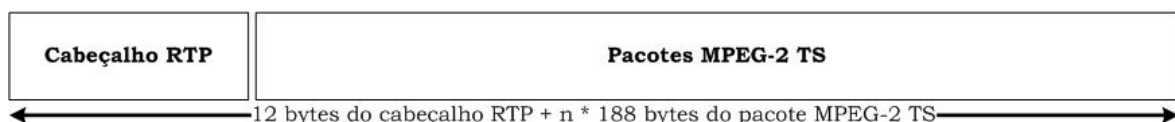


Figura 18 - Pacotes MPEG-TS num pacote RTP.

2.5 Transmissão IPTV

Em forma de resumo a figura seguinte mostra como é formado o pacote final que é enviado para a rede desde a codificação inicial passando pelos vários cabeçalhos que são acrescentados quando passam em cada camada do modelo de comunicação.

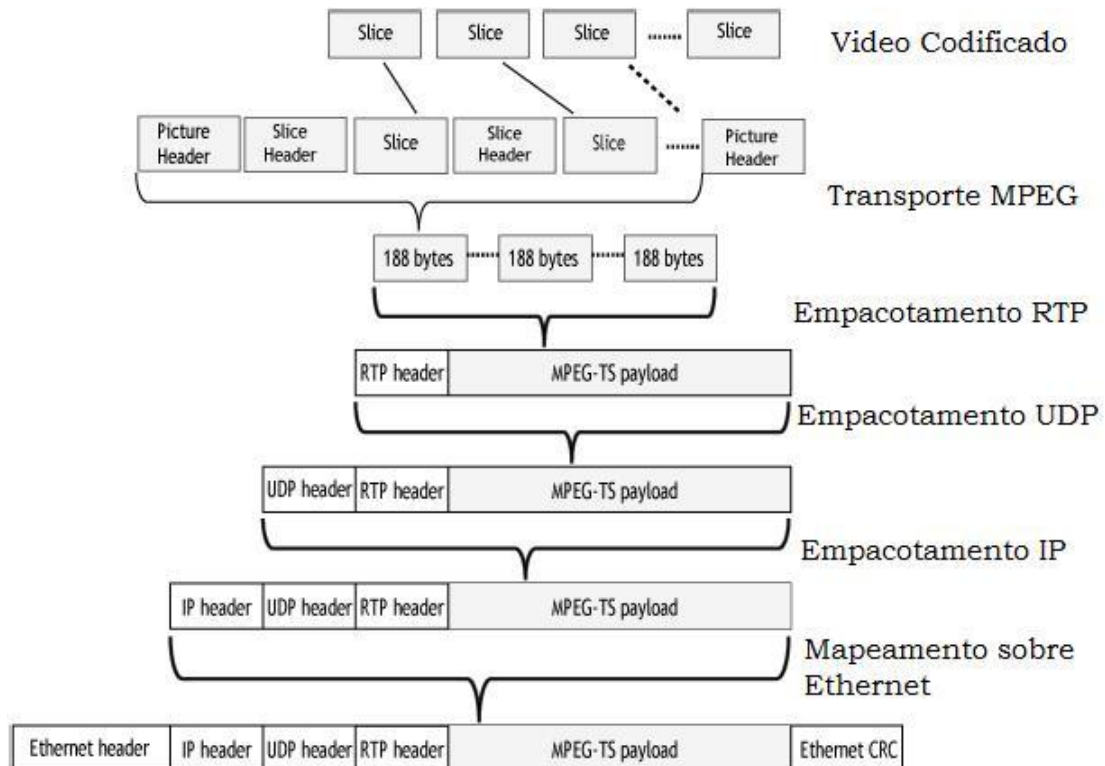


Figura 19 - Encapsulamento de vídeo.

3 ■ Distribuição de conteúdo multimédia sobre IPTV

Como já referido no capítulo 1, as principais aplicações associadas com IPTV são duas: *Video On Demand* (VoD) e transmissão de canais televisivos para múltiplos utilizadores, o chamado *broadcast*. Em relação à distribuição de conteúdo a pedido, este é feito através de uma ligação dedicada ao cliente – *unicast* – que entrega os dados consoante os interesses do utilizador. Este método porém não é muito eficaz para a distribuição de canais televisivos pois a largura de banda necessária é bastante elevada. Assim, a entrega de conteúdos audiovisuais através da técnica de *multicast* tem vindo a ser adoptada pelas operadoras pois desmultiplica uma simples comunicação inicial em várias, à medida que esta se aproxima do destino final.

Neste capítulo é abordada a forma como a distribuição de conteúdos é feita através da rede, focando principalmente os sistemas de *multicast* e o protocolo inerente que permite às redes *multicast* seleccionar e controlar a entrega de canais aos clientes IPTV, IGMP (*Internet Group Membership Protocol*). Como introdução é feita uma descrição de algumas tecnologias que permitem a ligação à rede de acesso até à rede doméstica. Para finalizar são estudados alguns dos protocolos usados na sinalização entre componentes IPTV, como RTSP (*Real Time Stream Protocol*) e SIP (*Session Initiation Protocol*).

3.1 Tecnologias de Distribuição na Rede IPTV

Com o aumento de popularidade dos serviços de IPTV, para que os conteúdos multimédia cheguem ao cliente num tempo aceitável, é necessária uma rede de distribuição de alta velocidade para assegurar a boa qualidade de serviço. O objectivo desta rede é fornecer as condições ideais para a troca de informação entre o servidor IPTV e o dispositivo que recebe o serviço IPTV na rede doméstica do utilizador.

A arquitectura da rede de distribuição IPTV consiste assim em duas partes, a “last mile” que faz a ligação final à rede doméstica, e a rede *core* que liga o fornecedor de serviços à rede de acesso.

3.1.1 Rede de distribuição “last mile”

Um dos desafios dos fornecedores de serviços IPTV é assegurar a largura de banda suficiente entre a rede *core* e a rede doméstica, que recebe os dados multimédia na habitação do cliente. A esta rede dá-se o nome de “last mile”, “último quilómetro” numa tradução mais livre.

As tecnologias de rede existentes que permitem uma distribuição de boa qualidade dos serviços IPTV são as seguintes:

- *Através de uma rede constituída por fibra óptica.*

- *Via rede DSL (Digital Subscriber Line).*
- *Via rede de televisão por cabo.*
- *Via rede de satélite.*
- *Via uma conexão de rede wireless fixa.*

Apenas será feita uma pequena referencia às tecnologias consideradas mais utilizadas: redes constituídas por fibra e redes DSL.

IPTV sobre rede de acesso em fibra óptica

A fibra óptica tem ganho uma importância crescente na distribuição de conteúdos multimédia, pois o seu custo tem vindo a diminuir permitindo a sua instalação de modo rentável. As vantagens desta tecnologia passam pelo grande aumento da largura de banda que pode trazer a um baixo custo de operacionalidade, e também a sua imunidade a interferências electromagnéticas.

As arquitecturas de rede que podem ser implementadas usando a tecnologia baseada em fibra óptica são as seguintes:

- *Fiber to the regional Office (FTTRO)* – refere-se à instalação de fibra desde a central IPTV até o mais próximo centro regional da companhia de telecomunicações. O resto do caminho é feito através de outras tecnologias como cobre.
- *Fiber to the neighborhood (FTTN)* – também chamada *fiber to the node* estende a sua instalação até ao ponto de distribuição do “bairro” deixando o resto a outra tecnologia como xDSL. Isto permite que os utilizadores recebam mais serviços como VoD, televisão de alta definição (HDTV) e outros.
- *Fiber to the Home (FTTH)* – com esta arquitectura a ligação entre a central de dados IPTV e habitação do cliente é feita através de fibra o que potencia a recepção de conteúdos multimédia, uma vez que permite a entrega de uma grande quantidade de dados a alta velocidade [15].

IPTV sobre redes xDSL

Com o aumento da procura de serviços IPTV, as operadoras telefónicas aproveitaram as suas infra-estruturas de rede xDSL (*Digital Subscriber Line*) para também elas fornecerem estes serviços. Esta tecnologia por si só oferece uma largura de banda capaz de entregar devidamente o conteúdo IPTV. A tecnologia xDSL mais usada é a ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) que fornece uma ligação ponto-a-ponto que permite a entrega de serviços que necessitam de uma elevada qualidade de serviço (QoS).

Na tabela 8 podem ser consultados os dados relativos às variantes da tecnologia DSL usadas em IPTV: ADSL, ADSL2, ADSL2+ e VDSL (*Very-High-Data-Rate Digital Subscriber Line*) [18].

Tabela 8 - Valores relativos à tecnologia DSL [19].

	ADSL	ADSL2	ADSL2+	VDSL
Taxa de recepção de dados (desde o <i>Main Office</i> até ao utilizador)	Até 8 Mbps	Até 12 Mbps	Até 24 Mbps	Até 52 Mbps
Taxa de envio de dados (cliente até <i>Main Office</i>)	Até 640 kbps	Até 1 Mbps	Até Mbps	Até 6 Mbps
Distância (entre MO e o cliente)	Até 5500 metros	Até 3600 metros	Até 2700 metros	Até 300 metros

3.2 Métodos de distribuição de conteúdo IPTV

Como já referido anteriormente, os serviços IPTV necessitam de uma elevada largura de banda para entregar na melhor qualidade os dados requeridos pelo utilizador. Como os conteúdos de voz, vídeo e dados são enviados na mesma ligação o seu *throughput*, ou seja, taxa de transferência, também se torna bastante elevada. Para esta distribuição de conteúdos existem três métodos que pode ser utilizados, *unicast*, *broadcast*, e *multicast*.

3.2.1 Unicast

Neste método de distribuição de conteúdos pela rede cada fluxo de dados enviado pelo servidor tem como destino apenas um dispositivo de recepção. Isto é realizado através de uma ligação única entre os intervenientes. Se outro cliente requerer os mesmos dados, independente de ser ao mesmo tempo ou não, outra conexão terá de ser feita entre o servidor e o dispositivo receptor do utilizador. A figura 20 mostra um exemplo simples de tráfego *unicast* onde um fluxo de dados é transmitido de uma fonte para um único destino.

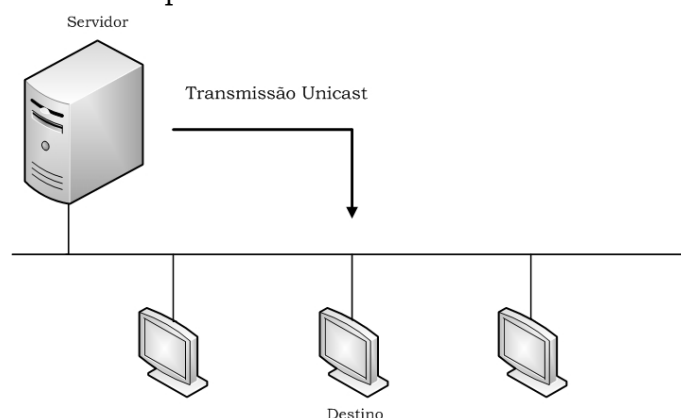


Figura 20 - Exemplo de um fluxo de dados transmitidos de forma unicast.

O tráfego *unicast* é apropriado para múltiplas aplicações cliente/servidor, como aplicação de base de dados onde os conteúdos estão armazenados num servidor e o cliente acede a este para procurar, modificar, adicionar e apagar

dados. Porém este método não é o mais eficaz devido precisamente à largura de banda que é necessária para garantir uma ligação dedicada de boa qualidade para esta interacção cliente/servidor. Uma maneira de entender estas limitações causadas pela transmissão *unicast* é visualiza a figura 21 que mostra que, mesmo que o conteúdo transmitido seja o mesmo e enviado ao mesmo tempo de um único servidor, duas conexões terão de ser realizadas duplicando assim a largura de banda usada nesta comunicação [20].

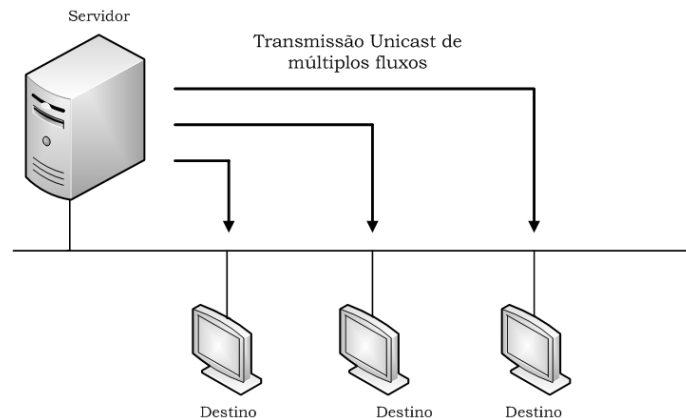


Figura 21 - Exemplo de transmissão unicast de múltiplos fluxos.

Este método em termos operacionais não apresenta uma grande complexidade sendo bastante fácil de ser implementado. Os protocolos associados a uma transmissão *unicast* passam por aqueles responsáveis à entrega de conteúdos numa rede IP, como o RTP, e onde a comunicação entre o servidor e o cliente é feito pelo protocolo RTSP (*Real-Time Stream Protocol*) que dá possibilidade ao utilizador de parar, adiantar e retroceder um fluxo de dados, permitindo uma melhor experiencia de visionamento. Este protocolo será estudado mais adiante ainda neste capítulo.

3.2.2 Broadcast

As redes IP suportam também a funcionalidade de *broadcast* onde um fluxo de dados é transmitido para todos os dispositivos conectados à rede e que recebem o serviço IPTV. Quando um servidor é configurado para transmitir dados em *broadcast*, um canal IPTV é enviado para todos os clientes subscritores mesmo que este não tenha sido pedido. Porque os dispositivos receptores não têm outra hipótese senão receber o fluxo de dados, este método não é, de forma alguma, o mais indicado para o envio de conteúdo vídeo, sendo usado mais em serviços ao nível da rede (como endereçamento).

A figura 22 mostra um exemplo de uma transmissão em *broadcast*.

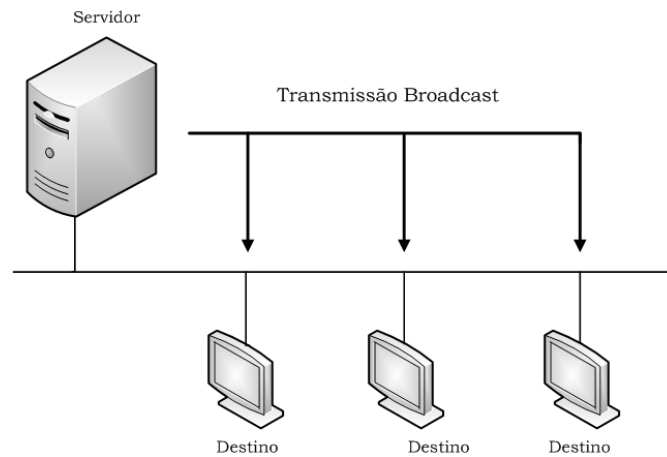


Figura 22 - Exemplo de uma transmissão em broadcast.

3.2.3 Multicast

Neste método de distribuição de serviços IPTV é definido em ambos os RFCs 966 e 988 como a transmissão de um datagrama IP para um grupo de destino (*host group*). Ao contrário do que acontece em *unicast*, um fluxo de dados não é enviado para um único endereço de destino, que representa um utilizador, mas sim para um grupo de utilizadores que se conectam ao mesmo endereço IP para receber o conteúdo IPTV. Assim, quando um servidor ao enviar um fluxo de dados, este é replicado pelos pontos de ligação (*routers*) entre este e os dispositivos do cliente que pertence ao grupo para qual está destinado o mesmo fluxo. Em *multicast*, um único pacote é enviado de uma fonte para múltiplos receptores em apenas uma operação de transmissão, sem assim sobrecarregar a rede [15]. Se considerarmos um grupo *multicast* como sendo um canal IPTV, só faz parte do grupo quem está sintonizado a esse canal e, assim, só recebe o conteúdo televisivo quem escolhe ver o canal, mantendo apenas ocupada a largura de banda indispensável para que os utilizadores recebam os dados pedidos. Um exemplo de tráfego *multicast* é mostrado na figura 24.

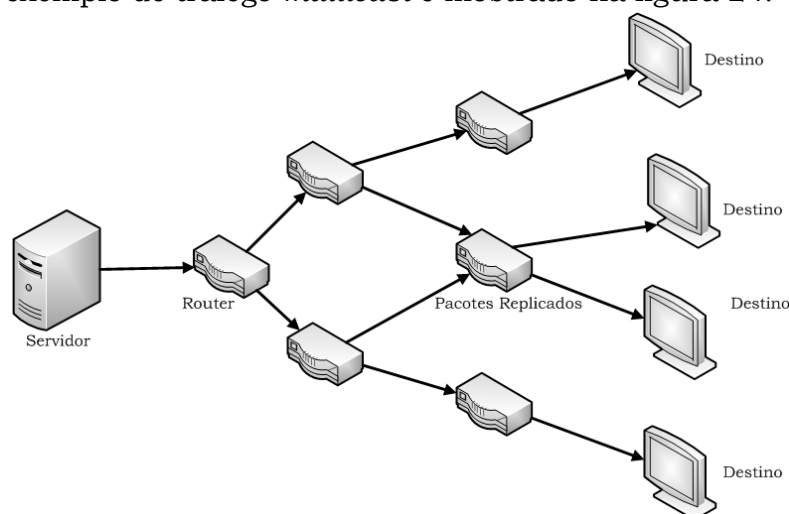


Figura 23 - Exemplo de tráfego multicast.

Uma outra diferença em relação à distribuição *unicast* é que em *unicast* é possível usar ambos os protocolos TCP e UDP na camada de transporte do modelo de comunicação (capítulo 2). Já em aplicações *multicast* o único protocolo disponível é o UDP. Portanto é necessário implementar, ao nível da aplicação, alguns mecanismos que forneçam fiabilidade na entrega de dados como números de sequência, temporizadores, e retransmissões.

Seguindo a figura 23 o servidor transmite os dados IPTV para um grupo específico de receptores, representado por um endereço IP de um grupo *multicast*. Para receberem estes conteúdos, os receptores juntam-se ao grupo referido através de um pedido explícito manifestando o seu interesse nesses mesmos dados. Inicialmente o servidor envia um único fluxo de dados para o endereço *multicast*, se o fluxo encontra um ponto na rede (*router*) que não está conectado directamente aos receptores, este replica os dados ou reencaminha-os para o ponto seguinte da rede ou para os receptores conforme a proximidade do destino, garantindo o número mínimo de saltos na rede.

Taxonomia *multicast*

Uma aplicação *multicast* pode ser classificada como um de três tipos, um-para-muitos, muitos-para-muitos, e muitos-para-um. A figura 24 mostra o funcionamento destes três tipos. De seguida, é feita uma pequena descrição e enumeradas as aplicações que usam cada um.

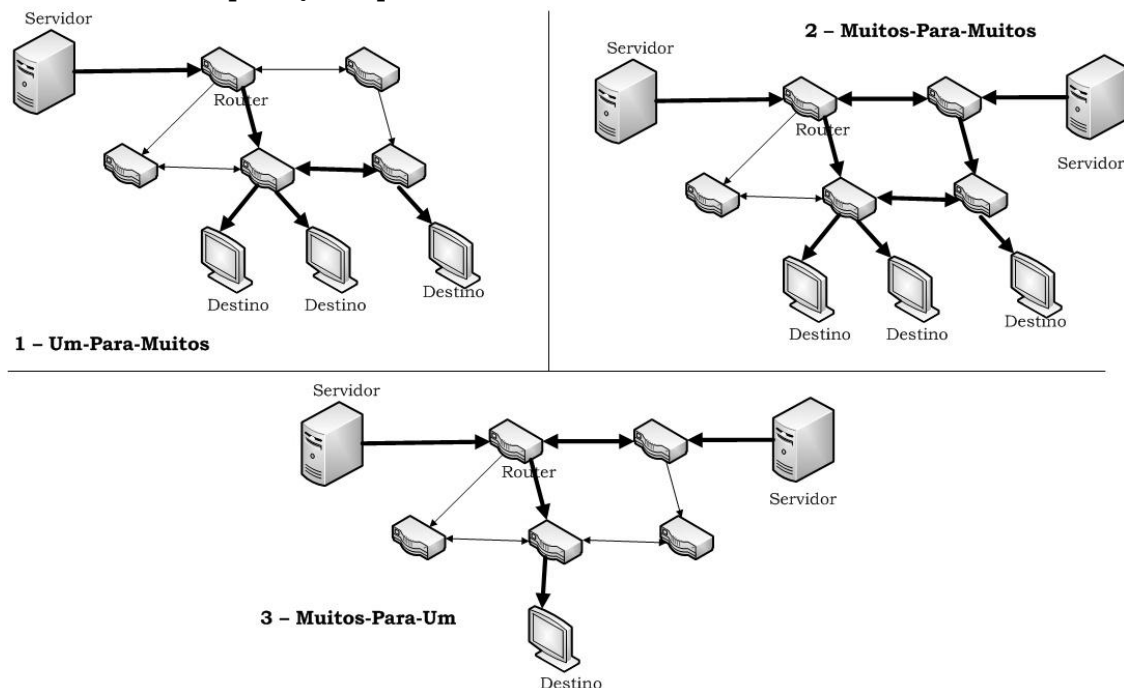


Figura 24 - Tipos de distribuição multicast. 1 - Um-Para-Muitos; 2 - Muitos-Para-Muitos; 3 - Muitos-Para-Um.

- *Um-Para-Muitos* – um fluxo de dados é enviado do servidor para vários receptores pertencentes ao mesmo grupo. As aplicações deste tipo são similares à distribuição normal de canais televisivos e rádio.
- *Muitos-Para-Muitos* – há uma transmissão de *streams* de dois ou mais servidores para vários receptores pertencentes ao mesmo grupo. É usado em aplicações como estudo interactivo de longa distância, jogos multi-utilizador interactivos, grupos de conversação.
- *Muitos-Para-Um* – Transmissão *multicast* de dois ou mais servidores para um receptor. Este tipo é usado em aplicações que requerem um mecanismos de pedido/resposta como pesquisas avançadas de conteúdos, localização, leilões on-line, e jogos interactivos individuais [21].

Grupos *multicast* e endereçamento

A utilização de *multicast* sobre uma rede IPTV funciona com o envio de pacotes de vídeo para um grupo de dispositivos IPTV (*set-top boxes*) que expressam o interesse de receber um determinado canal. O IETF dividiu originalmente o espaço de endereçamento IPv4 em quatro classes, sendo as classes A, B e C usadas para tráfego *unicast* e a classe D usada para tráfego *multicast*. Como mostra a figura 25, um endereço IP *multicast* da classe D começa com quatro *bits*, 1110, e depois os restantes 28 *bits* são usados para identificar o grupo *multicast* de destino [15]. Estes endereços multicast estendem-se desde 224.0.0.0 até 239.255.255.255 e são divididos em três grupos diferentes como mostrado na figura 25 e tabela 9.

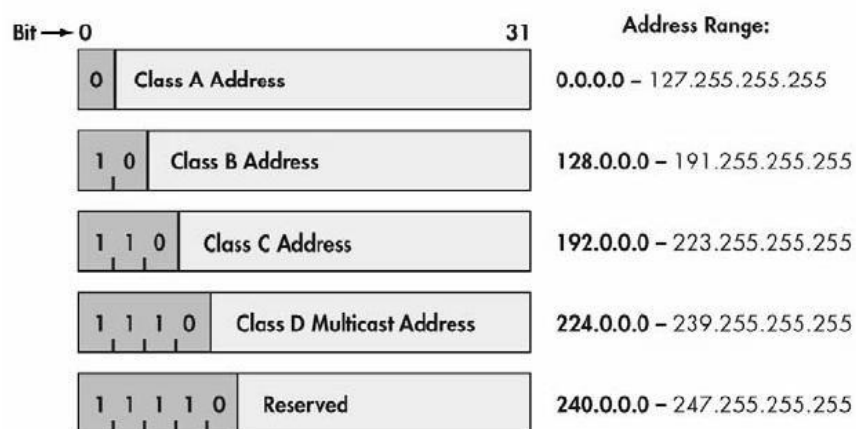


Figura 25 - Classificação do endereçamento IP [15].

Tabela 9 - Tipos de endereço multicast.

Espaço de endereçamento	Tipo de endereço	Descrição
224.0.0.0 até 224.0.0.255	Permanente	Endereços reservados para ser usados num espaço reduzido da rede em que apenas é necessário um salto.
224.0.1.0 até 238.255.255.255	Global	Os endereços neste espaço podem ser usados para entregar conteúdo <i>multicast</i> pela Internet pública. Este endereço existe enquanto houver membros disponíveis.
239.0.0.0 até 239.255.255.255	Administrativo	Endereços limitados a um grupo local ou uma organização

3.3 Protocolos utilizados na distribuição de conteúdo IPTV

Para que o conteúdo IPTV chegue ao seu destino nas melhores condições alguns protocolos de gestão, controlo e sinalização de rede têm de ser utilizados pelos componentes que fazem parte do sistema IPTV. Os protocolos estudados de seguida referem-se às normas utilizadas no que se refere à distribuição de dados numa rede IPTV.

3.3.1 Protocolos *Multicast*

Os protocolos utilizados num tráfego *multicast* têm essencialmente, como função, gerir a entrega dos conteúdos IPTV desde a fonte de dados até ao destino final, ou seja o utilizador.

IGMP

O protocolo IGMP (*Internet Group Multicast Protocol*) é usado como um mecanismo para controlar a entrega de tráfego *multicast* aos utilizadores interessados num certo conteúdo e autorizados a receber o mesmo. Os clientes IPTV usam simples comandos IGMP que indicam aos *routers* da rede a sua intenção de deixar, (“*leave*”), de receber um fluxo de dados, (ou de se juntar, “*join*”, a um novo grupo *multicast* para começar a receber o canal destinado a esse endereço).

As operações básicas do protocolo IGMP englobam dois dispositivos:

- *IGMP host (cliente)* – envia mensagem em relação à sua intenção de se juntar ou abandonar um grupo *multicast*. Também responde a interrogações (*queries*) feitas pelos *routers multicast*. Um *set top box* é um exemplo de um *host IGMP*.
- *IGMP router* – ou *multicast router*, responde às mensagens de “*join*” e “*leave*” vinda dos clientes e gerem os grupos aos quais estes estão

inseridos. Envia interrogações periódicas a fim recuperar de situações de erros e verificar pedidos. É o ponto final das mensagens IGMP, ou seja, as informações recebidas não são passadas a pontos da rede vizinhos.

A figura 26 identifica a localização de cada dispositivo que faz parte da comunicação realizada pelo protocolo IGMP.

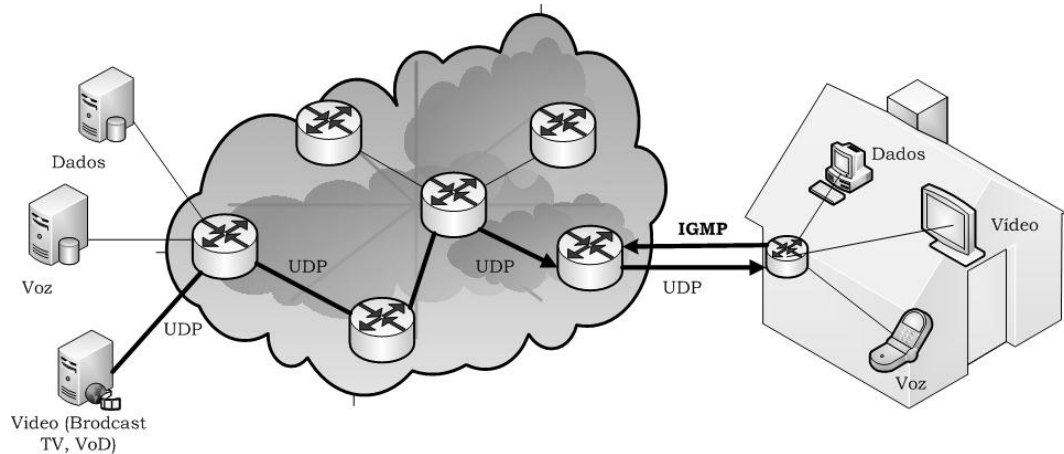


Figura 26 - Protocolo IGMP.

Entre o cliente, IGMP *host*, e o *router multicast* podem ser trocadas quatro tipos de mensagens que correspondem a funções específicas do protocolo IGMP.

- *JOIN* – um *host* IGMP indica a sua intenção de receber informação de um grupo *multicast*, ou seja, pretende fazer parte desse grupo.
- *LEAVE* – um *host* IGMP indica a sua intenção deixar de receber informação de um grupo *multicast*.
- *QUERY* – um *router* IGMP pode perguntar aos clientes a que grupos cada um pertence. Estas perguntas podem ser gerais, que verifica que dispositivo está a receber que fluxo *multicast*, ou específicas de um grupo, que são usadas para descobrir se um subscritor está a receber um fluxo *multicast* específico.
- *MEMBERSHIP REPORT* – um *host* IGMP usa esta mensagem para se juntar a um canal IPTV particular [22].

Existem actualmente três versões do protocolo IGMP embora apenas as duas mais recentes sejam usadas em IPTV. A primeira versão, IGMPv1, não é indicada para IPTV pois não possui explicitamente uma capacidade de deixar um grupo, o que levava a uma elevada latência relativa ao término de uma sessão *multicast*. O cliente continua a receber os *streams* pedidos até que o *router* envie a próxima interrogação. Na resposta a este o cliente é que indica qual o grupo *multicast*, ou seja, que canal pretende abandonar, deixar de receber.

A versão dois apresenta melhorias em relação ao *overhead* causado pela versão anterior. Suporta redes ASM (*Any Source Multicast*) como a versão anterior, em que o *host* IGMP especifica o grupo *multicast* ao qual pretende

pertencer sem interessar quem envia esse tráfego. No entanto na versão dois o término de uma sessão *multicast* já não é feito de forma passiva. O último *host* de uma sub-rede a deixar o grupo *multicast*, transmite ao *router* uma mensagem de saída de grupo (*Leave Group*) na qual é indicado qual o grupo abandonado. Depois de verificar a partida com uma mensagem de interrogação dirigida a esse grupo específico, o *router* notifica outros *routers* para deixarem de encaminhar o tráfego para a sub-rede relacionada com grupo. A maior parte dos clientes IPTV (*set top boxes*) suporte IGMPv2.

A melhoria de maior relevância na versão três do protocolo IGMP é o suporte para SSM (*Source Specific Multicast*) que basicamente dá ao *host* IGMP a possibilidade de especificar a fonte de dados da qual pretende receber tráfego. Nas versões anteriores do IGMP, o tráfego de todas as fontes tinha de ser encaminhado para uma sub-rede mesmo se as estações estivessem apenas interessadas em receber tráfego de fontes específicas. Esta característica é importante também para uma melhoria na segurança da rede pois impede dispositivos IPTV como *set top boxes* de receber tráfego gerado por outros subscritores.

Através deste protocolo, os *routers multicast* estão habilitados a manter, através de interface, uma tabela de encaminhamento que lista os interesses de cada grupo pertencente à sub-rede. Desta forma, quando os pacotes *multicast* chegam a um certo *router*, este sabe para onde os pacotes devem ser encaminhados.

PIM-SM

Numa rede de distribuição IPTV múltiplos *routers multicast* são usados para distribuir múltiplos canais IPTV a diversos clientes espalhados pela rede. Protocolos como o *Protocol Independent Multicast* (PIM) são usados para construir árvores de distribuição *multicast* que definem as rotas do conteúdo IPTV pela rede de alta velocidade. Existem quatro tipos de protocolos PIM, o PIM *Dense Mode*, PIM *Sparse Mode*, PIM *Source Specification Multicast* e *Bidirectional PIM*, mas o mais usado actualmente é o PIM-SM, razão pela qual será feita uma referência apenas a este protocolo.

O protocolo PIM-SM define como os *routers* devem interagir entre si para manter diferentes tipos de árvores de distribuição *multicast*. Baseia-se no pressuposto de que os espectadores de um determinado canal não se encontram densamente distribuídos pela rede IPTV. Em vez de transmitir em todos os sentidos, um *router multicast* envia a transmissão apenas para um *router* de distribuição que faz de *proxy* entre o servidor e os receptores e está disponível para todos os membros pertencentes a esse grupo *multicast*. Os clientes têm que explicitamente pedir a este *router* para pertencer a um certo grupo de forma a quando chegue tráfego ao *router*, este saiba para onde enviar a transmissão. Este método permite poupar bastante largura de banda, sendo facilmente escalável para grandes redes de distribuição.

3.3.2 RTSP

Real-Time Stream Protocol é um protocolo ao nível da aplicação do sistema que permite aos dispositivos que fazem parte de um sistema IPTV, principalmente o cliente e o servidor de conteúdos, controlar o fluxos de dados trocados entre ambos. Através de mensagens específicas deste protocolo, é possível controlar a recepção de um fluxo em termos de suspender, adiantar temporalmente, guardar, etc. entre duas partes envolvidas numa sessão RTSP. Este protocolo é normalmente utilizado em serviços IPTV como vídeo a pedido (VoD) pois este pressupõe uma ligação ponto-a-ponto entre o cliente e o servidor e o RTSP permite o controlo dos dados transferidos entre os dois. Assim as mensagens utilizadas numa sessão RTSP são as seguintes.

- *Descrição* – permite ao cliente requerer uma descrição do objecto multimédia ou apresentação a ser enviado. Em resposta o servidor envia a descrição do objecto.
- *Setup* – este comando é utilizado pelo cliente para pedir ao servidor as especificações associadas ao mecanismo de transporte que vai ser utilizado na transferência de conteúdo multimédia. O servidor é o responsável por criar uma sessão RTSP e informar o cliente o tipo de protocolo de transporte usado (por exemplo RTP), modo de transporte, (ponto-a-ponto ou multiponto) e a porta associada.
- *Play* – Depois de o setup ser realizado, o comando *Play* é utilizado para iniciar a transmissão dos dados multimédia.
- *Pause* – comando usado pelo cliente que permite suspender o envio do fluxo de dados. Um *acknowledgement* é enviado pelo servidor que confirma o estado de pausa.
- *Record* – é utilizado para guardar o conteúdo recebido num espaço de armazenamento local.
- *Teardown* – o cliente, com o envio deste comando, requer ao servidor que pare a entrega do fluxo de dados para a respectiva localização.

Um exemplo de uma comunicação RTSP entre um cliente e um servidor é mostrado na figura 27.

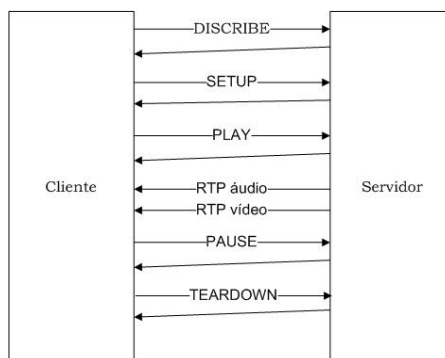


Figura 27 - Sessão RTSP entre Cliente e Servidor.

O RTSP opera usando um modelo cliente-servidor em forma de sessão onde três tipos de conexões são estabelecidas para garantir a entrega dos dados IPTV, a figura 28 mostra estas conexões.

- (1) Uma conexão usada para trocar informação de controlo RTSP. Este tipo de comunicação é baseada em UDP ou TCP e pode também transportar alguns dados multimédia.
- (2) Uma conexão separada RTP sobre UDP usada para transportar conteúdo IPTV codificado.
- (3) A terceira comunicação transporta RTCP sobre informação sincronizada UDP que fornece um *feedback* ao servidor em relação à qualidade do fluxo recebido [15].

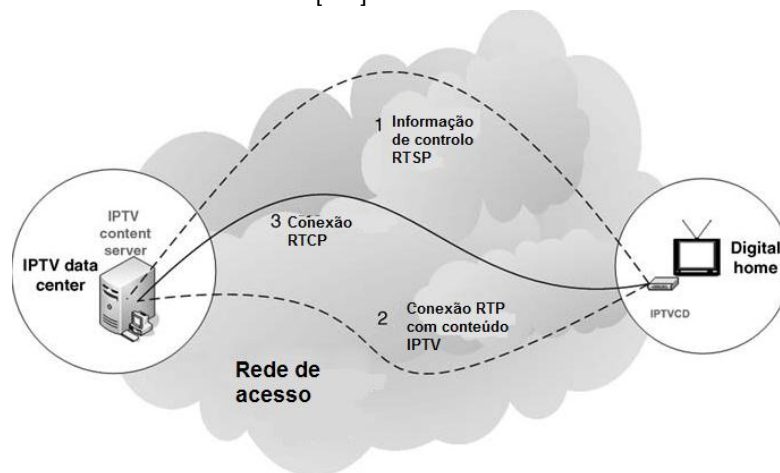


Figura 28 - Comunicação RTSP entre Cliente-Servidor [15].

O protocolo RTSP possui uma sintaxe bastante semelhante à do protocolo HTTP em que os seus formatos de endereço são comparáveis e o modo de operação baseado em pedido/resposta é igualmente utilizado. As diferenças, no entanto, passam pela nomenclatura do endereço utilizado, em que vez de `http://` é usado `rtsp://`, e do RTSP ser um protocolo de estado, ao contrário do HTTP. O protocolo não é exclusivo de tráfego *unicast*, suportando também transmissões em que *multicast* é usado, como por exemplo com os comandos *record* e *pause*. Comandos como *fast forward* e *rewind* não são, no entanto, aplicáveis ao tráfego *multicast*. Exemplos de comandos `rtsp` são mostrados de seguida.

```
C->S: PLAY rtsp://example.com/media.mp4 RTSP/1.0
      CSeq: 4
      Range: npt=5-20
      Session: 12345678

S->C: RTSP/1.0 200 OK
      CSeq: 4
      Session: 12345678
      RTP-Info: url=rtsp://example.com/media.mp4/streamid=0;
               seq=9810092;rtptime=3450012
```

3.3.3 SIP

O Protocolo de Iniciação de Sessão (*Session Initiation Protocol* – SIP) foi normalizado pelo IETF e é descrito na RFC3261. Trata-se de um protocolo da camada de aplicação, usado para estabelecer, modificar e terminar sessões multimédia. O SIP foi criado com vários objectivos, mas é mais conhecido por gerir sessões de voz sobre IP (VoIP), chamadas telefónicas estabelecidas através da Internet. De facto, este protocolo é usado hoje em dia em quase todos os telefones IP do mercado. É um protocolo baseado em texto e que foi derivado do Hypertext Transport Protocol (HTTP). Assim, muitos aspectos presentes no SIP comparam-se ao HTTP. Por ser baseado em texto, é de compreensão fácil, comparado com os protocolos orientados em *bits* em que é necessário saber que função pertence a cada posição de um *bit*.

O SIP foi originalmente criado para permitir que dois computadores estabelecessem uma sessão entre eles em que um envia um convite de sessão, o outro responde e, dessa sessão criada entre ambos, pudessem comunicar. A criação de uma sessão antes da comunicação permite que as duas partes troquem a informação necessária para que possam comunicar entre ambos. Assim, estas mensagens iniciais contêm informação das capacidades dos dois elementos relevantes para a troca de dados como os codificadores utilizados, que tipos de dados multimédia podem reproduzir) [23].

Os elementos que podem fazer parte de uma sessão SIP estão indicados na tabela 10. No entanto o protocolo permite tanto um diálogo entre apenas dois elementos, como o estabelecimento de uma sessão entre vários *User Agents*, mesmo que não estejam na mesma rede, onde o uso de *proxys* permite a conexão com dispositivos localizados em domínios diferentes. O transporte das mensagens SIP pode ser feito tanto pelo protocolo TCP como UDP, ou ainda pelo SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*).

Numa rede SIP os utilizadores são identificados através de um endereço SIP único, muito semelhante a um endereço de correio electrónico de formato *sip:userID@domain.com*. Este endereço é o que fica registado nos servidores de registos de cada domínio a fim de localizar um *User Agent*.

As mensagens que são trocadas entre cada um dos componentes apresentam-se de dois tipos:

- *Pedidos* – enviadas de um cliente para um servidor.
- *Respostas* – enviadas de um servidor para um cliente.

Os pedidos SIP são enviados do cliente SIP para o servidor SIP com métodos que identificam o tipo de pedido. Os métodos SIP existentes são os seguintes.

- *INVITE* - para convidar um utilizador para uma sessão, ou seja, iniciar uma sessão.
- *UPDATE* - para actualizar a descrição da sessão durante uma chamada.

- *MESSAGE* - para suportar serviços de mensagens curtas e *instant messaging*.
- *SUBSCRIBE* - para que uma entidade SIP subscreva eventos.
- *NOTIFY* - para notificar entidade subscritas e reportar eventos de actualização de registos.
- *CANCEL* - para cancelar um pedido pendente.
- *ACK* - confirma a recepção de um pedido quando uma sessão é criada.
- *INFO* - Usado para levar informação de sinalização fora de banda entre entidades SIP.
- *REGISTER* - para registar um utilizador.
- *BYE* - para terminar a chamada.

Tabela 10 - Elementos SIP e sua função.

Componente SIP	Função
User Agent	É o terminal de comunicação multimédia, (como um telemóvel, computador ou PDA), usado para estabelecer e gerir sessões SIP. É constituído por um <i>User Agent Client</i> (UAC) que realiza os pedidos SIP e por um <i>User Agent Server</i> (UAS) que responde a estes pedidos.
Servidores de Registo	São base de dados que contêm a localização de todos os <i>User Agents</i> pertencentes a um certo domínio.
Servidor Proxy	Aceita os pedidos de sessão feitos por um UA e requer ao servidor de registo SIP as informações referentes ao destinatário da mensagem. Em seguida reencaminha o convite de sessão directamente, se o destinatário se encontrar no mesmo domínio, ou para outro servidor <i>proxy</i> , se este se encontrar em domínio diferente.
Servidor Redirect	Permite aos servidores <i>proxy</i> direccionar pedidos da sessão SIP para domínios exteriores ao seu. Podem residir no mesmo <i>hardware</i> que um servidor <i>proxy</i> ou de registo.

Em relação às mensagens de respostas estas contêm códigos de resposta numéricos usados pelo receptor para identificar o estado de um pedido, e são baseados nos códigos de resposta utilizados em HTTP. O código de estado, (*Status Code*), é um código de três dígitos seguido de um pequeno texto que fornece uma descrição textual correspondente a esse código.

Os códigos de estado são definidos por classes onde o primeiro dígito indica o tipo de classe do código. Existem seis classes definidas:

- 1xx – Provisório.

- 2xx – Sucesso.
- 3xx – Redirecionamento.
- 4xx – Erro do cliente.
- 5xx – Erros do servidor.
- 6xx – Falha Global [23].

Existem três funções SIP que são normalmente usadas em IPTV: *subscribe-notify*, setup de sessão e manutenção, e troca de mensagens.

Setup e Manutenção

O setup e manutenção de uma sessão é utilizada para estabelecer uma ligação entre o servidor IPTV e o cliente. Esta sessão é que vai possibilitar serviços como controlo de custos de subscrição, segurança e outros aspectos necessários em IPTV. O setup de uma sessão é bastante simples, uma das razões por este protocolo ser tão popular. Para criar uma sessão, o cliente envia uma mensagem *INVITE* para o servidor, este analisa os campos do cabeçalho recebido e age apropriadamente, enviado uma resposta de sucesso, uma mensagem OK.

Uma mensagem SIP é igualmente simples, como o protocolo em si, e como se pode ser:

```
INVITE sip:bob@biloxi.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.atlanta.com;branch=z9hG4bK776asdhds
Max-Forwards: 70
To: Bob <sip:bob@biloxi.com>
From: Alice <sip:alice@atlanta.com>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.atlanta.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: <sip:alice@pc33.atlanta.com>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

A primeira parte da mensagem destina-se à identificação do método usado e do endereço de destino, na forma de um SIP URI (*Uniforme Resource Identifier*) como anteriormente mencionado. A mensagem contém também outra informação necessária como o endereço de origem, o número de sequência ou o tipo de conteúdo. Em cada mensagem SIP deve existir um número mínimo de cabeçalhos com a informação necessária a ser trocada entre duas entidades. A tabela 11 lista os vários tipos de cabeçalhos.

As transacções que envolvem múltiplas trocas de mensagens são chamadas de diálogos, e começam com um pedido de *INVITE*. O setup de uma sessão, no entanto, pode ser feito apenas entre dois pares de terminais, utilizadas normalmente em serviços VoD, ou entre o servidor e vários clientes, como o caso da transmissão normal de canais IPTV. Durante a sessão, pode haver diferente mensagens que confirmam que um *setup* esta a ser processado, como *RINGING* ou *TRYING*. Quando esta termina é enviada uma mensagem *BYE*,

ao qual o receptor desta responde com um OK. Um exemplo de criação de sessão e o seu respectivo término é mostrado na figura 29.

Tabela 11 - Informação de um cabeçalho SIP [24].

Nome do Cabeçalho	Função
Via	Endereço onde as respostas vão ser recebidas e parâmetros usados para identificar a transacção.
To	O nome de utilizador do receptor, e o endereço SIP para onde o pedido é feito.
From	O nome de utilizador que envia o pedido e o endereço SIP do mesmo. Também contém informação aleatória com vista a identificação.
Call-ID	Um identificador para esta sessão em particular, que passa por uma <i>string</i> aleatória com o nome do <i>host</i> do dispositivo de envio.
CSeq	Sequência do comando (<i>Command Sequence</i>), que contém um número inteiro e o nome do método enviado, que é incrementado para criar um número de sequência por cada novo pedido dentro da sessão.
Contact	Endereço SIP, que representa a rota directa para contactar quem enviou o pedido.
Max-Forwards	Número limite de saltos na rede que um pedido pode fazer até chegar ao seu destino. O número sofre um decremento em cada salto.
Content_Type	Uma descrição do conteúdo do corpo da mensagem.
Content-Length	O número de <i>bytes</i> que constitui o corpo da mensagem.

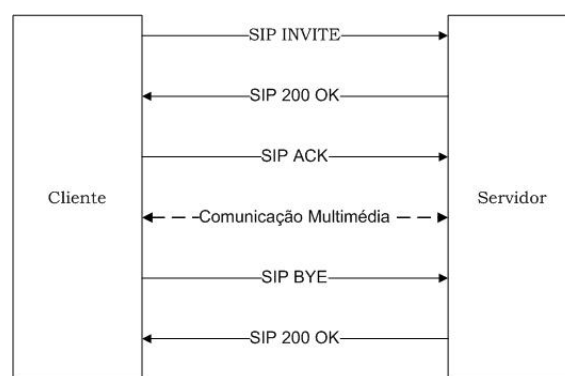


Figura 29 - Sessão SIP.

Os detalhes da sessão, como o tipo de multimédia a enviar, o codificador utilizado, protocolos de transporte, etc., não são descritos usando SIP. Esta descrição é transportada no corpo da mensagem SIP, codificado num outro tipo de protocolo, onde o mais usado é o *Session Description Protocol* (SDP), especificado no RFC 2327.

SIP MESSAGE

O método SIP MESSAGE é um simples mecanismo de envio de mensagens, que tem como objectivo o envio de mensagens de texto curtas (embora o conteúdo não seja limitado a texto) sem qualquer aviso, dentro de uma sessão, muito semelhante a *Instant Messaging* (IM). O SIP MESSAGE pode ser enviado a qualquer momento dentro de uma sessão sem precisar de mensagens antecedentes que sinalize a chegada do mesmo, métodos INVITE ou NOTIFY. No fundo as mensagens transportadas neste método são consideradas como conteúdo multimédia em que a informação trocada é texto. Num sistema IPTV, o SIP MESSAGE é usado para interacção entre clientes, desde que cada um saiba o endereço de outrem, ou para, por exemplo participar em passatempos televisivos em tempo real, substituindo o normal SMS. Para isto, o sistema IPTV deverá possuir um AS (*Application Server*) que faz a gestão dos clientes na rede e redirecciona as mensagens entre os clientes, assim como trata da contabilidade e subscrição dos mesmos.

```
MESSAGE sip:user2@domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/TCP user1pc.domain.com;branch=z9hG4bK776sgdkse
Max-Forwards: 70
From: sip:user1@domain.com;tag=49583
To: sip:user2@domain.com
Call-ID: asd88asd77a@1.2.3.4
CSeq: 1 MESSAGE
Content-Type: text/plain
Content-Length: 21
```

Olá João, como estás?

A mensagem em si, “Olá João, como estás?” é, de igual modo, o corpo e o conteúdo da mensagem e pode ser codificado em qualquer formato texto, como XML (*eXtensible Markup Language*), embora não deva exceder os 1300 *bytes* de acordo com a norma.

SIP SUBSCRIBE e NOTIFY

SUBSCRIBE e NOTIFY são um par de métodos SIP que permitem a um cliente a subscrição a um determinado recurso. Um utilizador usa SUBSCRIBE para pedir informações acerca do corrente estado de um evento e actualizações desse evento a um ponto remoto. Na sequência de um SUBSCRIBE é enviado um ou mais NOTIFYs com a informação requerida. Uma troca típica de mensagens pode ser na figura 30 [25].

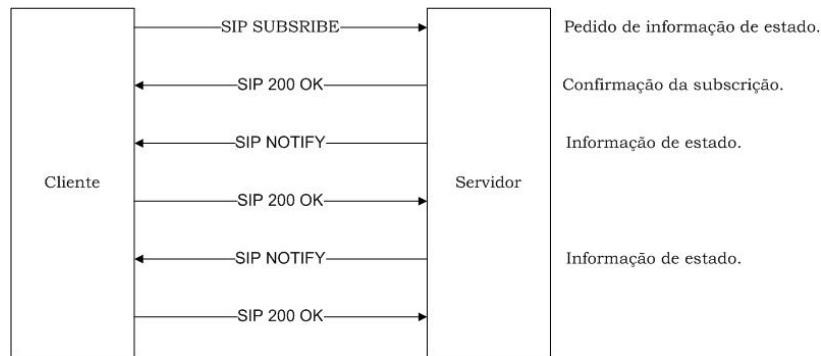


Figura 30 - Troca de mensagens de subscrição SIP.

3.3.4 SDP

As mensagens SIP são usadas apenas para a criação, gestão de uma sessão deixando a troca de dados e informação para outros protocolos. O SIP pode transportar informação de texto no corpo da mensagem de um cabeçalho mas o transporte de dados iria contra a abordagem do protocolo. Existe também um conjunto de informações que ajudam a melhorar uma sessão entre dois elementos de uma rede, que passam por chegar a um acordo entre ambos acerca das capacidades de cada um e dos métodos apropriados de comunicação. Um servidor antes de enviar conteúdo multimédia ao cliente deve saber as capacidades do mesmo, e estas informações podem ser trocadas num diálogo entre ambos usando *Session Description Protocol* (SDP).

Tabela 12 - Campos do protocolo de descrição de sessão.

Campo SDP	Conteúdo	Campo SDP	Conteúdo
v=	Versão do protocolo.	o=	Dono ou criador da sessão, e identificador da sessão.
s=	Nome da sessão.	i=	Informação.
u=	Descrição URI.	e=	Informação de correio electrónico.
p=	Número de telefone.	c=	Informação da conexão.
b=	Informação de largura de banda.	t=	Tempo da sessão.
r=	Tempo de repetição.	m=	Tipo de multimédia ou endereço de transporte, pode ser repetido quanto o necessário.
k=	Chave de encriptação.	a=	Atributos.

O SDP é um formato de texto para descrever as capacidades de um fluxo multimédia e é transportado no corpo das mensagens SIP ou em outros protocolos como o RTSP. Contém informação acerca da sessão como o tempo de actividade, que tipo de multimédia contém, e informação que deve ser usada

para a recepção de dados multimédia. O SDP transporta também informação da largura de banda usada e da pessoa responsável pela sessão.

Outro tipo de informação contida neste protocolo é o tipo de multimédia transportado, usando tipos de dados MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*), o protocolo de transporte (RTP/UDP/IP, H.320) e o formato de conteúdo multimédia (MPEG-2, VC-1)[24].

Os diferentes tipos de informação de descrição de uma sessão são listados na tabela 12. Nem todos são obrigatórios, e são usados numa mensagem, aqueles que melhor descrevem as necessidades do conteúdo.

Uma descrição de uma sessão pode ser, por exemplo, da seguinte forma:

```
v=0
o=mhandley 2890844526 2890842807 IN IP4 126.16.64.4
s=SDP Seminar
i=A Seminar on the session description protocol
u=http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/M.Handley/sdp.03.ps
e=mjh@isi.edu (Mark Handley)
c=IN IP4 224.2.17.12/127
t=2873397496 2873404696
a=recvonly
m=audio 49170 RTP/AVP 0
m=video 51372 RTP/AVP 31
m=application 32416
```


4 ■ Redes IPTV de próxima geração.

As redes de próxima geração, ou NGN (*Next Generation Network*), são um conceito que tem vindo a ganhar uma relevância cada vez maior nos dias de hoje, e que tem em conta a nova situação e as mudanças provenientes da área relativa às telecomunicações. Esta situação é caracterizada por um número de aspectos: a desregulação dos mercados, a nova procura por parte dos clientes de serviços inovadores que satisfaça as suas necessidades, e a explosão do tráfego digital (aumento do uso da Internet) [25]. A comercial introdução de redes de próxima geração envolve aspectos económicos e técnicos. Os novos serviços de voz, vídeo e dados desenvolvidos geram novas oportunidades de negócio nesta área. Permitem também uma redução de custos de gestão de infra-estruturas, utilizando apenas um tipo de rede de transporte (baseada em IP), em vez de várias usadas em cada rede de acesso. Tecnicamente, estas redes possibilitam uma arquitectura de rede bastante flexível para poder definir e aplicar novos serviços. O grande objectivo é, no fundo, a convergência dos vários serviços, como voz sobre protocolo IP (VoIP), IPTV, videoconferência, partilha de aplicações, entrega de conteúdo multimédia, etc. que chegam ao utilizador final através de apenas um sistema de distribuição.

Uma das tecnologias em que assentam as redes de próxima geração é a arquitectura de serviços IMS (*IP Multimedia Subsystem*) que permite às operadoras de telecomunicação implementar uma infra-estrutura de serviços baseada em IP que oferece novas formas de comunicação multimédia. Os serviços IMS são destinados fundamentalmente às preferências dos utilizadores oferecendo uma multiplicidade de serviços como presença, conectividade vídeo/voz, ferramentas de comunicação, videoconferência, jogos interactivos, televisão.

Neste capítulo é feito um estudo sobre tecnologia IMS, aspecto base na parte de desenvolvimento desta dissertação, e a sua integração na arquitectura IPTV. Este estudo antecede a descrição da solução desenvolvida, “IPTV 2.0”.

4.1 O que é IMS?

O *IP Multimedia Subsystem* (IMS) é a normalização de uma arquitectura de rede de próxima geração que foi concebida para permitir que operadoras de telecomunicações possam fornecer serviços avançados de comunicação tanto para dispositivos móveis como para a rede fixa. É uma arquitectura orientada a prestar serviços de Internet actuais e futuros para utilizadores móveis e fixos sobre todas as plataformas de IP existentes [26]. Os grupos responsáveis pela normalização desta tecnologia são o grupo TISPAN da ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) e o grupo 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) onde este último define IMS como sendo um subsistema, isto é, uma nova infra-estrutura de rede móvel que permite a convergência de dados, voz, e tecnologia de rede móvel sobre infra-estruturas baseadas em IP [27].

Embora tenha sido definido inicialmente para redes móveis, o IMS começou a ser usado para IPTV, pelas mesmas vantagens de convergência de informação e gestão de utilizadores. O IMS preenche a falha entre a tecnologia actual das telecomunicações e a tecnologia Internet, permitindo às operadoras oferecer facilmente novos serviços. A figura 31 permite compreender a ideia base do IMS onde. Anteriormente, um serviço, por exemplo, uma chamada de voz, teria de ser feito através de “ilhas de serviços”, onde a comunicação é feita entre dois pares de forma singular. Já com uma comunicação IMS, o serviço é feito através da integração de diferentes serviços de comunicação (presença, *Push-to-talk over Cellular* - PoC, conferência, *IMS messaging*), centrados em informação de presença onde um utilizador pode comunicar com um ou vários utilizadores através de apenas um dispositivo.

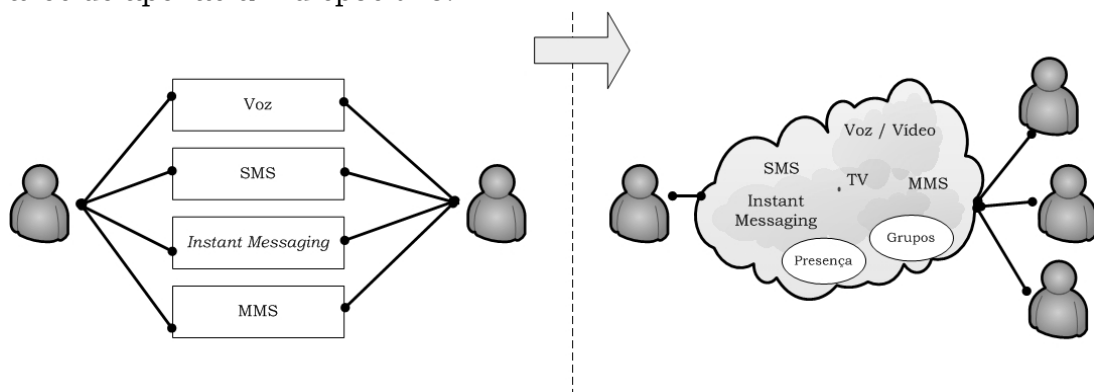


Figura 31 - IMS integra diferentes serviços de comunicação.

A arquitectura IMS é constituída por três camadas distintas, ilustradas na figura 32 e explicadas de seguida. Cada uma abstrai as funções da camada adjacente e desempenha funções específicas: a camada de transporte, a de controlo e a de aplicação, ou serviços.

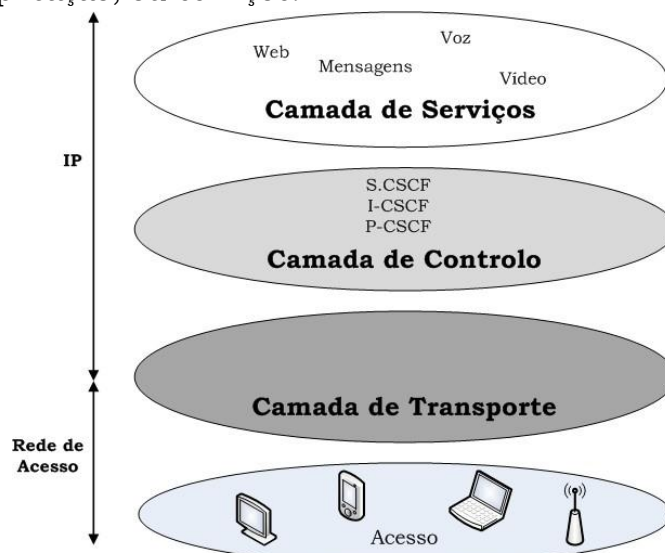


Figura 32 - Camadas IMS.

- *Camada de Transporte* – é responsável pela abstracção da rede de acesso onde funciona como ligação entre as camadas de acesso e a rede IP localizadas acima. A camada de transporte responde a todas as necessidades de um dispositivo qualquer que seja a rede onde se encontre permitindo ao cliente aceder à mesma informação quer esteja em casa, na sua televisão ou, numa rede *wireless* usando um dispositivo móvel.
- *Camada de Controlo* – como o nome indica, esta camada controla a parte “administrativa” da arquitectura IMS relacionada com o tráfego de informação entre as camadas de transporte e a de serviços. É o núcleo desta tecnologia e é responsável pelo encaminhamento e distribuição do tráfego IMS pelos utilizadores. É composto por vários elementos que usam o protocolo SIP como comunicação, dos quais os mais importantes são o CSCF (*Call Session Control Function*) que processa a sinalização entre os fornecedores de aplicações na camada acima e os vários componentes IMS, e o HSS (*Home Subscriber Server*) que funciona como base de dados dos clientes registados e a sua localização. Os componentes desta camada serão descritos no ponto seguinte.
- *Camada de serviços* – é onde os servidores de aplicação (AS) residem, mas não as aplicações em si. Quando uma aplicação é desenvolvida, os AS fornecem as funções de suporte para essas aplicações como a gestão de informação de facturação, gestão da presença e disponibilidade de subscrição, qualidades de serviços necessárias para todas as aplicações num ambiente IMS [28].

4.2 Arquitectura IMS

O IMS fornece uma plataforma de distribuição de serviços, que permite o provisionamento de múltiplos serviços ao utilizador final de uma forma rápida e flexível. A arquitectura IMS é ilustrada na figura 33.

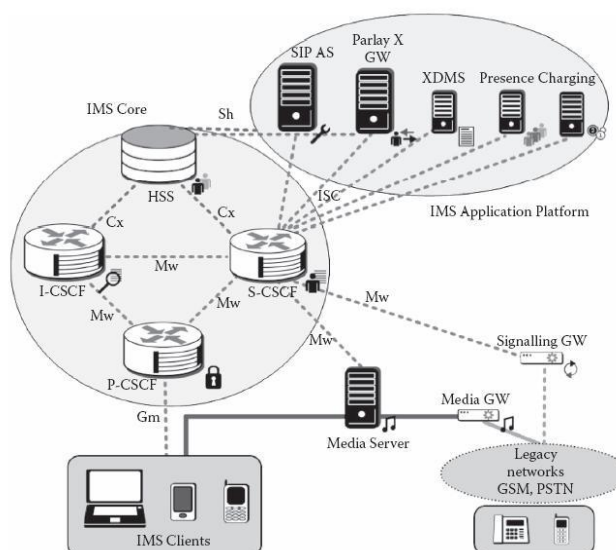


Figura 33 - Arquitectura IMS [15].

A arquitectura IMS baseia-se em vários protocolos do IETF como SIP, DIAMETER, SDP, RTP em cima do protocolo de controlo de transmissão TCP/IP. Para além da criação, gestão e término de sessões entre dois ou mais participantes, o SIP é usado para a comunicação entre os vários componentes da arquitectura. As funcionalidades relacionadas com a autenticação, autorização e contabilização, AAA (*Authentication, Authorization, and Accounting*), são baseadas no protocolo DIAMETER. O DIAMETER é implementado na camada de controlo e faz a ligação entre os componentes HSS e CSCF para suportar estes serviços de AAA. O protocolo RTP já estudado é usado para a entrega de conteúdos IPTV em tempo real.

Os componentes IMS e as suas principais funcionalidades podem ser divididas em várias categorias, desde gestão de sessão e encaminhamento (CSCFs), base de dados (HSS), elementos de interacção com outras redes e serviços (servidores de aplicações). Os componentes mais importantes da arquitectura IMS são descritos em seguida.

- *Proxy call state control function (P-CSCF)* – é o primeiro ponto de contacto dentro do núcleo da rede IMS. Todo o tráfego de sinalização SIP de e para um *user element* (UE) atravessa este componente. O P-CSCF funciona como um *proxy*, aceitando e encaminhando pedidos e respostas. Desempenha funções como a autorização de recursos a utilizar, controlo da qualidade de serviço, chamadas de emergência, (des)compressão de cabeçalhos, identificação do I-CSCF.
- *Interrogating call state control function (I-CSCF)* – é o primeiro ponto de contacto dentro da rede da operadora. Contacta o HSS para encontrar o endereço de S-CSCF para que o utilizador se possa registar. Encaminha pedidos e respostas SIP para o S-CSCF.
- *Serving call state control function (S-CSCF)* – desempenha serviços de controlo de sessão para o *end point* e mantém o estado da sessão adequado para o suporte de serviços pelo lado da operadora de rede. As funções mais importantes passam pelo registo de utilizadores e a sua interacção com a plataforma de serviços para suporte dos mesmos. É o S-CSCF que decide quando um AS, servidor de aplicação, necessita de receber informação relacionada com a chegada de um pedido de sessão SIP para que este possa tratar dessa sessão de forma adequada.
- *Home subscriber server (HSS)* – é a base de dados que armazena as informações relacionadas com os utilizadores, desde as suas preferências, informação de estados a sua localização.
- *Application server (AS)* – como explicado anteriormente servem de plataforma de serviços em ambiente IMS. Fornecem todas as condições necessárias para a implementação de novas aplicações.
- *Media resource function (MRF)* – realiza funções de processamento de fluxos multimédia como análise, anúncio e *transcoding* de dados. É composto também pelo *Breakout Gateway Control Function* (BGCF) que faz a

interligação numa rede com o BGCF de outras redes ou o *Media Gateway Control Function* (MGCF) da mesma rede que faz a distribuição de sessões através de múltiplos *Media Gateways* (MG).

- *IMS end-user system* – fornece o suporte necessário para o protocolo IMS, principalmente para SIP, e serviços relacionados à codificação e decodificação de conteúdos de e para aplicações multimédia. Garante suporte também para conectividade à rede [26].

4.3 SIP em IMS

SIP é a pedra angular de IMS. Não seria possível construir um sistema IMS sem um protocolo de controlo de sessão como o SIP. Não quer isto dizer que todas as funções usem SIP mas o modelo de comunicação entre componentes IMS é baseado neste protocolo e nas suas extensões.

As mensagens SIP tornam possível a troca de informação necessária ao estabelecimento, gestão e controlo de sessões num ambiente IMS onde os métodos mais importantes são SIP REGISTER, INVITE, SUBSCRIBE e NOTIFY como explicados no capítulo anterior.

Em SIP, cada cliente é identificado por um endereço, URI, bastante semelhante a um endereço HTTP, formatado como um endereço de correio electrónico, que em vez de nos indicar um documento ou ficheiro indica a localização de um utilizador. Em relação à identidade de um utilizador, este é representado em IMS por vários identificadores. Identidade pública (*public user identity*) que é utilizada pelo contactos do utilizador para que possam comunicar com este, por exemplo sip:alice@provider.com ou tel:+33123456789; Identidade privada, que pertence à operadora IMS e é guardada num cartão SIM (*Subscriber Identity Module*). Um utilizador pode ter várias identidades públicas e privadas mas apenas uma identidade privada é guardada no cartão SIM. Um identificador PSI (*Public Service Identifier*) está ligado ao servidor de aplicações e identifica grupos de utilizadores, como por exemplo em serviços de chat.

Estabelecimento de uma sessão IMS

Um início de sessão entre dois utilizadores pode ser visto na figura 34, onde o utilizador Bob a estudar em França e de visita na Finlândia, telefona à sua irmã Anna a trabalhar na Alemanha e em viagem de negócios na América. A figura seguinte demonstra a interacção dos vários componentes IMS aquando de um INVITE enviado de Bob para Anna.

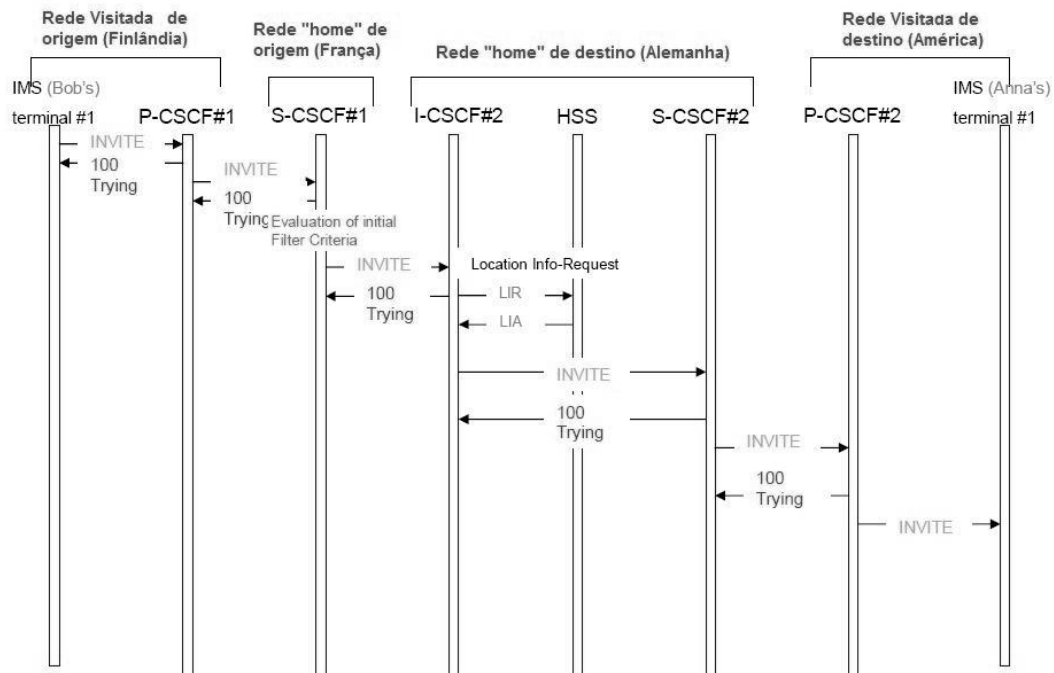


Figura 34 – Exemplo de uma sessão IMS através da traça de mensagens entre utilizadores.

Uma forma de entender o funcionamento do IMS é que o uso de IMS é baseado na ideia de rede “home” e rede “visitada”. Por outras palavras, em IMS não existe apenas uma única rede que engloba todas as comunicações, mas sim várias redes interligadas e serviços que normalmente se encontram numa rede [25].

Assim, quando Bob liga à sua irmã, envia um SIP INVITE que percorre todas as redes à qual os dois estão conectados, quer seja a sua rede *home* ou à qual se encontra, a visitada. Enquanto Bob estiver na Finlândia, a mensagem SIP é encaminhada para a sua rede *home* na França onde o S-CSCF da sua operadora identifica a rede *home* da sua irmã na Alemanha e envia a chamada para lá. Na rede *home* de Anna, a sua localização é feita através de uma pesquisa na base de dados HSS e a ligação é reencaminhada para a rede visitada, que neste caso é na América.

4.4 Arquitectura IPTV de próxima geração baseada em IMS: IPTV 2.0

A integração da Framework IMS na arquitectura IPTV traduz um dos últimos passos na evolução da distribuição de serviços através de IPTV. O objectivo de uma plataforma IPTV baseada em IMS é, através das suas funções de controlo, a manipulação dos serviços IPTV de uma forma controlada e eficaz por parte da tecnologia IMS independente da rede de transporte IP subjacente. IPTV baseada em IMS fornece assim várias vantagens: suporte para mobilidade, personalização de serviços, interacção com outros serviços NGN, e possibilidade de um *quadruple play* que integra serviços de voz, de vídeo, de dados e a sua

interacção com dispositivos móveis. Algumas funcionalidades IMS podem ser integradas e melhoradas em IPTV criando serviços inovadores, entre as quais:

- Registo e autenticação integrada, permitindo um único login para o acesso a vários serviços.
- Gestão de subscrição de utilizadores, centralização dos perfis dos utilizadores, personalização de serviços.
- Gestão de sessão, encaminhamento.
- Integração com serviços de próxima geração com presença, *instant messaging*, gestão de grupos.
- Qualidade de serviços e controlo legal.
- Facturação e contabilidade unificada.

A maior parte dos serviços de entrega de conteúdos televisivos (*broadcast*) actuais não incluem a existência de sessão. A visualização dos canais subscritos não requer o estabelecimento de uma sessão com o servidor de conteúdos antes da recepção de dados. Com IMS é introduzida a noção de sessão, permitindo uma adaptação dos recursos da rede aos serviços fornecidos e assim aumentar a eficiência da gestão do transporte de conteúdos.

Assim, o IMS torna-se a pedra central desta arquitectura, servindo como gestor principal nas operações de entrega de dados do servidor para o cliente. O standard TISPAN da ETSI sugere uma arquitectura IPTV baseada em IMS como mostrada na figura 35. Os protocolos SIP/SDP são usados para estabelecer, modificar e terminar sessões entre o cliente e os servidores de conteúdo.

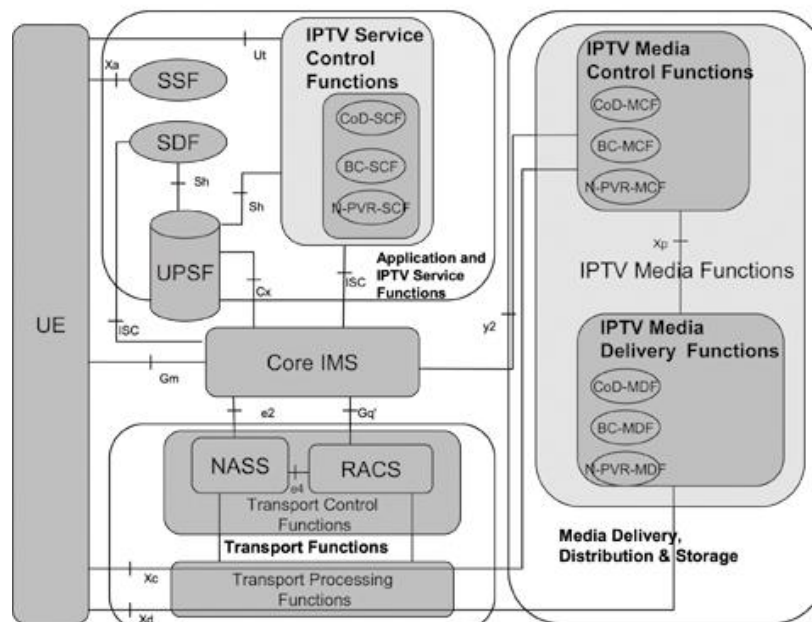


Figura 35 - imagem [29].

O início de uma sessão é quando se negocia as características do conteúdo multimédia de acordo com os requisitos de transporte de cada

elemento. Para processar a informação da sessão, o core IMS interage com o UPSF (*User Profile Server Function*) para ter acesso à informação do utilizador, e com o RACS (*Resource and Admission Control Subsystem*) para pedir e reservar recursos de transporte relacionados com a sessão. Depois deste acordo a entrega dos dados é realizada pelos protocolos de transporte, como o RTP.

Antes de iniciar uma sessão o utilizador terá de seleccionar o serviço que pretende usar. Usa então funções de descoberta de serviço (SDF) e de selecção de serviço (SSF). Após a selecção do serviço, é inserido o identificador de conteúdo numa mensagem de início de sessão SIP, enviado às funções de controlo de serviço IPTV (SCF) que fornece acesso a este serviço. O IPTV SCF implementa serviços de autorização durante a inicialização de uma sessão, que inclui a verificação das credenciais do utilizador de modo a permitir o acesso ou não ao serviço. Funciona como um servidor de aplicações, comunicando com o core IMS de modo a encaminhar informação tanto para o cliente, como para as funções multimédia. As funções multimédia IPTV são responsáveis pelo controlo e entrega dos fluxos multimédia ao equipamento do utilizador. As funções de controlo multimédia (MCF) controlam o fluxo de dados e gerem a interacção com o equipamento enquanto as funções de entrega de multimédia, MDF (*Media Delivery Functions*), tratam do fluxo propriamente dito [30].

A figura 38 demonstra, através de um diagrama de troca de mensagens, um exemplo de início de sessão de *streaming* envolvendo os vários elementos da arquitectura TISpan.

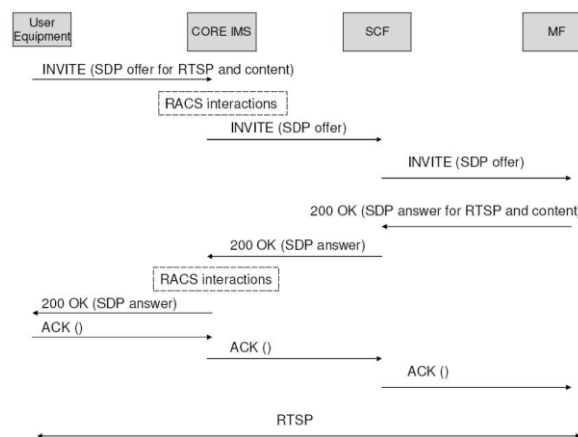


Figura 36 - Exemplo de início de sessão de *streaming* [30].

As potencialidades desta arquitectura perceptíveis na figura 37 onde é possível observarem vários serviços disponíveis numa mesma interface, neste caso *Video on Demand*, *Instant Messaging* e *SMS* [31].



Figura 37 - Serviços IPTV baseados em IMS acedidos através da mesma interface [31].

4.5 Arquitectura da Solução

Nesta secção é apresentada a arquitectura resultante do desenvolvimento da solução “IPTV 2.0”. Em primeiro lugar é feita uma descrição do sistema e apresentados os elementos deste. De seguida uma visão mais detalhada é feita de cada um dos componentes da arquitectura.

4.5.1 Descrição do Sistema

A solução desenvolvida tem como objectivo fornecer os serviços IPTV que são base deste tipo de sistemas: o serviço de distribuição de conteúdos programáticos de televisão e a entrega de vídeos a pedido, o chamado *Video on Demand*, com base no terceiro passo de evolução da arquitectura IPTV, descrito na página 27. Podemos então classificar a arquitectura adoptada como uma arquitectura IPTV baseada em IMS, onde o subsistema IMS é responsável pela gestão e controlo de sessões e utilizadores de modo a que os serviços escolhidos sejam entregues de forma correcta e eficaz.

A arquitectura implementada é constituída essencialmente por quatro elementos: o servidor multimédia, centro de aplicações IPTV, o subsistema IMS e o cliente como é ilustrado na figura 38.

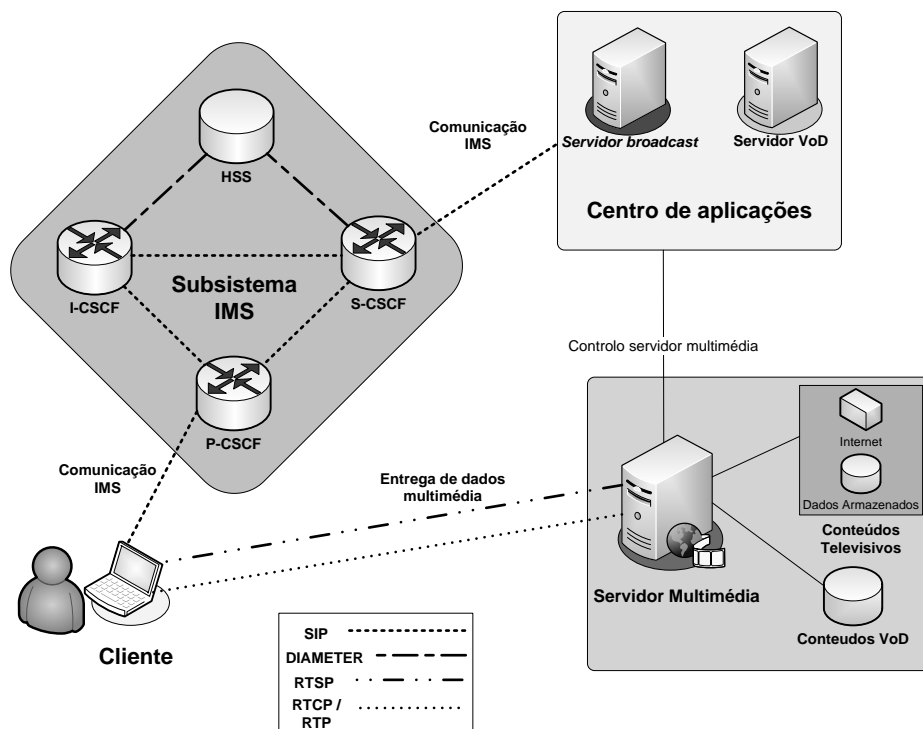


Figura 38 - Arquitectura geral da solução.

O servidor multimídia recebe os dados multimídia e transmite-os para a rede de forma codificada, ou seja, realiza o *streaming* dos conteúdos IPTV para os clientes. É responsável pela codificação de vídeo e áudio através da tecnologia mais apropriada de modo a facilitar a transmissão dos mesmos. A distribuição de canais é feita baseada nas características de cada serviço IPTV fornecido, ou seja, em relação aos conteúdos televisivos o que o cliente recebe são os dados que o servidor está a transmitir no momento, sendo possível realizar a “bufferização” dos dados: o utilizador pode suspender a visualização dos dados, recomeçando-a a qualquer momento. Em relação ao serviço de vídeo a pedido, a ligação estabelecida permite a interação com o fluxo de dados permitindo ao utilizador suspender, retroceder, avançar no fluxo, sem deixar de referir que o conteúdo é visualizado desde o seu início.

O centro de aplicações é responsável por reunir a informação relativa a um conteúdo e agrupa-la de forma organizada para que a sua consulta seja feita de forma rápida e simples. O centro de aplicações é constituído por dois servidores que fornecem os serviços IPTV, temos então um servidor de televisão (*broadcasting*) e um servidor de vídeo a pedido.

Cada servidor é constituído por uma tabela de dados constituída por canais de televisão ou por vídeos, e que armazena a informação relativa a estes. O servidor de aplicação interliga, por exemplo, um canal de televisão ao endereço a que este está associado e alguma informação útil relativa ao canal. Em relação aos vídeos, por exemplo no caso de um filme, o espaço da tabela referente a este vídeo indica o endereço que deve ser utilizado assim como os dados de interesse desse filme.

O subsistema IMS, como já referido, realiza a gestão e controlo das sessões e utilizadores que interagem com o sistema IPTV. Para que um utilizador possa aceder a um conteúdo deverá, em primeiro lugar, estar registado na base de dados IMS. Depois de devidamente autorizado, poderá interagir com o servidor de aplicação para recolher as opções programáticas existentes. O subsistema IMS faz então a interligação entre estes dois elementos, cliente e servidor de aplicação, de modo a que só um utilizador autorizado possa ter acesso à informação dos conteúdos existentes.

O papel do software cliente nesta arquitectura é servir de interface entre o utilizador e todo o sistema IPTV. O cliente é o que permite a um utilizador receber a informação do servidor de aplicação e, conforme a sua escolha de conteúdos, receber os dados seleccionados do servidor multimédia. Esta interface é feita através de uma aplicação *Media Center*, a qual permite o armazenamento, organização e reprodução de dados vídeo, áudio, e outros de uma forma centralizada e simples. Pode também receber, armazenar e reproduzir conteúdo em *stream* que, no caso do nosso sistema IPTV, é o que permite ao utilizador visualizar os dados seleccionados do servidor de aplicação.

4.5.2 Servidor Multimédia

O servidor multimédia tem como objectivo transmitir o conteúdo audiovisual aos clientes que o requisitam. Isto é feito através de um fluxo de dados codificados que são entregues aos clientes. Por isso o servidor deve suportar vários protocolos de transporte e tipos de codificação, de modo a que os dados sejam recebidos com a melhor qualidade e rapidez possível e que haja uma maior interoperabilidade entre os dois, ou seja maior combinação de ferramentas que permitam a escolha daquela que fornece a melhor solução.

O servidor tem acesso aos dados multimédia que estão armazenados em dois locais específicos: os conteúdos de *broadcast* onde se situa os dados transmitidos neste modo; e os conteúdos de vídeo onde são armazenados os dados enviados quando um pedido de conteúdo é feito. No caso dos conteúdos de televisão, estes podem ser recebido de outra localização, como a Internet, onde é recebido um *stream* de dados e, através de *transcoding*, são reencaminhados para o cliente.

A entrega de dados é feita de duas formas, dependendo do serviço que esteja a ser realizado. Os dados de televisão são entregues de modo a que um cliente ao ligar-se a um canal receba os dados que estão a ser transmitidos nesse momento. No caso de vídeos a pedido, quando um cliente requer um certo conteúdo, este é-lhe entregue na totalidade, desde o instante inicial. O protocolo usado na entrega de dados é o RTP (*Real-Time Transport Protocol*), pois em conjunto com RTCP e RTSP permite a sincronização e a configuração, (por exemplo escolha de *codecs*), necessária para a transmissão IPTV.

O servidor multimédia é controlado pelo centro de aplicações que inicializa a transmissão de um certo conteúdo tendo em conta a informação contida em cada tabela associada a cada servidor.

4.5.3 Centro de Aplicações

O centro de aplicações é o ponto de coordenação que permite a distribuição dos serviços IPTV. É constituído por dois servidores que recebem pedidos de clientes e respondem com informações relativas aos conteúdos disponíveis. O servidor de *broadcast* possui os endereços que permitem ao cliente receber os dados relativos a um canal enquanto o servidor de vídeos a pedido armazena a informação relativa à recepção de vídeos transmitidos unicamente para o cliente.

Um aspecto importante da arquitectura desenvolvida é a coordenação entre os canais requisitados pelo cliente, a tabela dos servidores de aplicação que mapeia os canais aos endereços *rtsp* e os endereços *rtsp* do servidor multimédia. Relativamente à correlação entre os endereços na tabela e os endereços *rtsp* do servidor multimédia esta é feita no próprio servidor de aplicação onde a partir daqui é feita a inicialização do servidor multimédia. Assim, quando um servidor de aplicação inicia as suas funções, inicia também o servidor multimédia relacionando os endereços *rtsp* aos canais de cada entrada da tabela de conteúdos. As informações contidas nas tabelas de cada servidor são preenchidas manualmente pelo operador de serviços.

A figura 39 mostra como a recepção de um pedido e a resposta ao mesmo é feita pelos servidores de serviços. Estes pedidos e respostas são feitos através do protocolo de sinalização SIP onde as mensagens são trocadas entre o centro de aplicações e o cliente, passando pelo subsistema IMS que controla a sessão em execução. Mostra também que por cada endereço existente na tabela é feita uma inicialização do servidor multimédia com esse endereço para cada servidor.

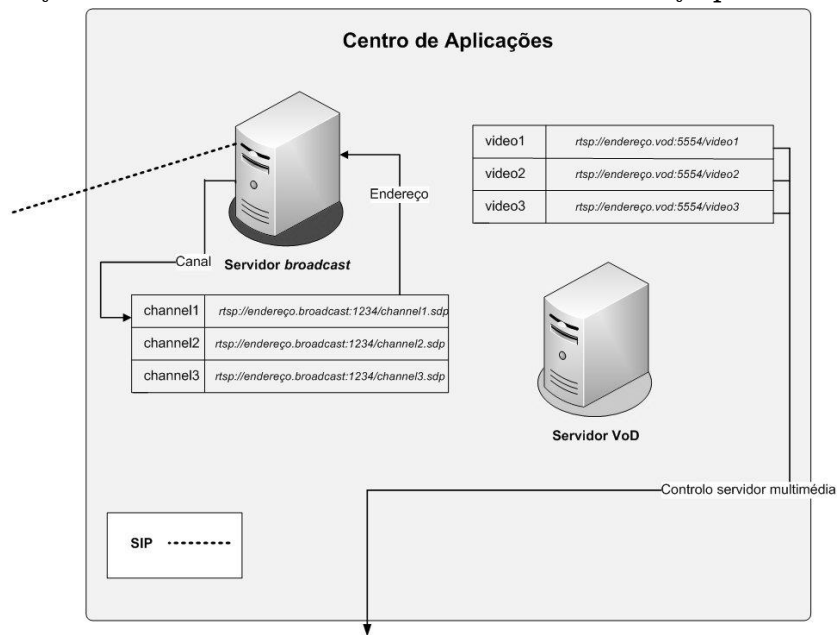


Figura 39 -Centro de Aplicações.

4.5.4 Subsistema IMS

O subsistema IMS é o elemento mais importante desta arquitectura uma vez que é nele que todas as funções de controlo de sessão e gestão de utilizadores tomam lugar, garantindo por um lado que só utilizadores registados tenham acesso aos serviços existentes e, por outro, que a comunicação entre os clientes e os servidores de serviços seja feita de forma correcta e eficaz. O subsistema tem assim como objectivo a interacção entre o cliente e cada um dos servidores de serviços encaminhando as mensagens, por exemplo, do cliente a requer o endereço de um canal, para o servidor de *broadcast*, e posteriormente, a sua resposta de volta para o cliente respectivo.

As mensagens entre cada elemento são trocadas através do protocolo SIP onde, por exemplo, para se registar o cliente envia o método REGISTER com as suas credenciais para o subsistema IMS e para ter acesso a um canal de televisão envia o método INVITE com o nome do canal desejado (esta troca de mensagens é descrita em pormenor mais adiante neste documento). Entre alguns elementos IMS é usado DIAMETER como protocolo de comunicação, como vimos atrás.

4.5.5 Software do Cliente

O papel do software do cliente nesta arquitectura é servir de interface entre o utilizador e o centro de aplicações numa primeira fase, onde a informação relativa aos conteúdos disponíveis chegam ao software do cliente de um dos servidores de serviços. Esta informação é mostrada ao utilizador de forma simples e atractiva, o que permite uma boa usabilidade por parte da interface. Aquando da escolha de conteúdo por parte do utilizador, o software do cliente passa à sua apresentação, servindo de visualizador multimédia. A partir do endereço recebido do centro de aplicações, uma ligação *rtsp* é estabelecida entre o software do cliente e o servidor multimédia. Dependendo do tipo de serviço, o conteúdo escolhido chega ao software do cliente, usando o protocolo de transporte RTCP/RTP, e é automaticamente mostrado ao utilizador. Se o serviço for relacionado com a distribuição de dados televisivos, o utilizador pode escolher suspender a exibição do conteúdo, iniciando assim o armazeno do fluxo de dados. Embora o cliente continue a receber o fluxo, estes é guardado num *buffer* para que, quando o utilizador premir novamente *Play*, o conteúdo seja retomado do mesmo local que foi interrompido. Em relação ao vídeo a pedido, software do permite a navegação no fluxo recebido, podendo o utilizador avançar, suspender, retroceder a visualização dos dados recebidos como um serviço de *Video On Demand* normal.

A aplicação IPTV desenvolvida faz parte de uma das muitas funcionalidades inseridas num *Media Center* que além deste serviço, permite a reprodução de vários tipos de conteúdos multimédia como áudio, vídeo e outros dados como imagens. As grandes vantagens passam também pelo armazenamento de conteúdos, receber fluxos de dados da mais diversas fontes,

como satélite, cabo, rádio, acesso à Internet, e-mail, tudo organizado numa interface simples.

5 ■ Implementação e Avaliação da Solução IPTV 2.0

Nesta parte do documento são descritos, em detalhe, os aspectos mais importantes que permitem o estudo da solução “IPTV 2.0” desenvolvida. Começamos com uma análise das soluções de software que foram utilizadas, seguida da descrição dos vários aspectos relativos à implementação da solução. Finalmente são apresentados os resultados obtidos dos testes aplicados ao projecto desenvolvido.

5.1 Análise das Soluções Utilizadas

Nesta secção é feito o estudo das soluções de software existentes e aquelas utilizadas no desenvolvimento da solução, mostrando o porquê da sua escolha em cada um dos elementos da arquitectura.

5.1.1 Servidor Multimédia

A principal característica do servidor multimédia é a sua capacidade de distribuir na rede fluxos de dados que serão recebidos pelos clientes. No fundo, o servidor multimédia necessita de possuir a funcionalidade de servidor de *streaming*. Actualmente existe uma grande variedade de servidores de *streaming* de conteúdos multimédia. O que se procurou neste tipo de servidores foi a sua robustez, facilidade de utilização, qualidade de codificação, número de protocolos e codificadores suportados.

Foram estudados quatro tipos de servidores de *streaming*, listadas na tabela 13.

Tabela 13 - Servidores de *streaming* e suas características.

Nome	Organização	Sistemas Operativos	Livre	Funcionalidades
Darwin Stream Server [32]	Apple	Linux/Windows /Mac OS / Outros	Sim	Servidor e Proxy.
Live 555 Media Server [33]	Live 555	Linux/Windows /Mac OS / Outros	Sim	Servidor (RTSP / RTP), Trick Play (<i>pause, seeking, fast forward, reverse Play</i>).
VLC [34]	VideoLan	Linux/Windows /Mac OS / Outros	Sim	Player, Servidor, Outras funcionalidades.
WMS [35]	Microsoft	Windows	Não	Servidor, Outras funcionalidades.

Das aplicações estudadas, as que merecem maior destaque são as pertencentes à comunidade de software livre devido à sua capacidade de integração no projecto desenvolvido que se baseou também neste tipo de software. Destas aplicações testadas, aquela que permitiu um maior espaço de manobra e integração no projecto foi o VLC (*VideoLan Client*) (figura 40). As suas funcionalidades e protocolos suportados, assim como a sua qualidade de *streaming* apresentada e a sua robustez tornaram este software a melhor escolha para este projecto. Uma destas funcionalidades é a possibilidade de configurar o servidor em tempo real remotamente através do protocolo telnet, especificamente configurar *streams* em *broadcasting* e VoD através de ficheiros de configuração.

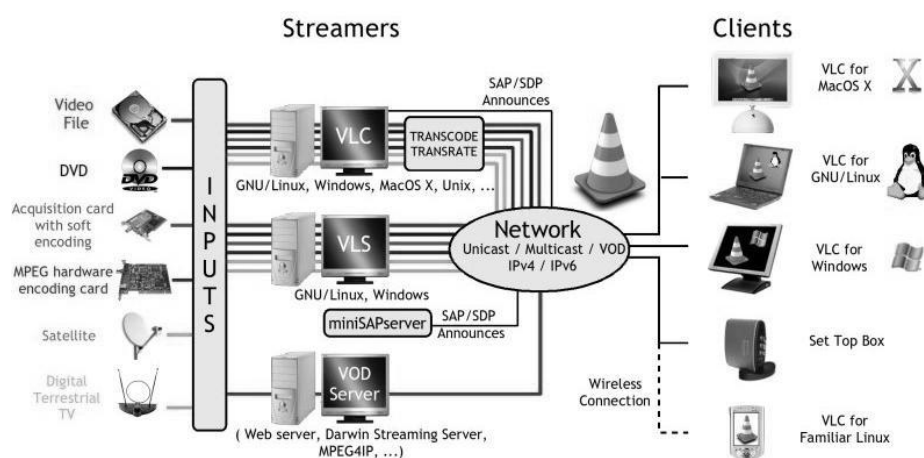


Figura 40 - Solução VideoLan para *streaming* [34].

O VLC pode ser tanto cliente como servidor, para receber e enviar fluxos de dados através de vários protocolos e usando vários codificadores.

A tabela 14 lista a comparação de protocolos de transporte suportados pelos vários servidores de *streaming*.

Tabela 14 - Protocolos suportados por cada streaming server.

Nome	Protocolos						
	RTP	RTCP	RTSP	HTTP	MMS / MMSH	SDP	SAP
Darwing Stream Server	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Live 555 Streaming Server	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
VLC	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Windows Media Server	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

5.1.2 Subsistema IMS

Para que seja possível tirar partido das funcionalidades do protocolo IMS, o *Fraunhofer Institute FOKUS* [36] desenvolveu uma plataforma destinada à aplicação de serviços baseados em IMS. O projecto *Open Source IMS Core* [6] permite criar uma plataforma de testes (*testbed*) destinada ao desenvolvimento e teste de serviços IMS de uma forma simples. Este projecto baseia-se nas especificações 3GPP que normalizaram o protocolo IMS, o que nos permite desenvolver aplicações que poderão ser usadas a nível comercial.

O instituto FOKUS criou assim uma plataforma de teste, o *Open IMS Playground*, (figura 41), que é composta pelos principais componentes IMS: CSCFs, os elementos centrais de encaminhamentos para qualquer sinalização IMS, HSS, MG (*Media Gateway*), MRF e servidores de aplicação. O *Open IMS* integra-os num único ambiente permitindo a sua interoperabilidade e a possibilidade de desenvolver aplicações multimédia, extensões à plataforma, e teste de qualidade de serviço e segurança.

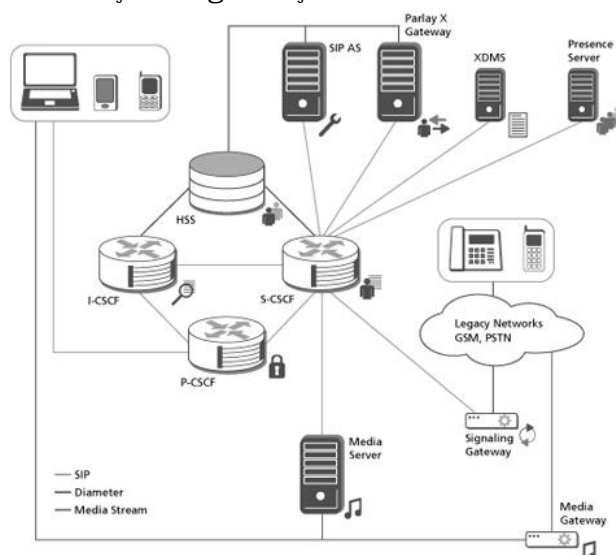


Figura 41 - Arquitectura geral do Open IMS Playground. [37]

No caso da solução “IPTV 2.0” foi usado apenas o *Open Source IMS Core*, (figura 42), que se distingue por ser o núcleo do *Open IMS Playground* e que nos oferece as ferramentas básicas para a criação de soluções baseadas em IMS como os CSCFs e o HSS. No fundo estes componentes são o núcleo de todas as arquitecturas IMS/NGN especificadas pelo 3GPP, 3GPP2, ETSI TISPAN e são implementadas através de software livre.

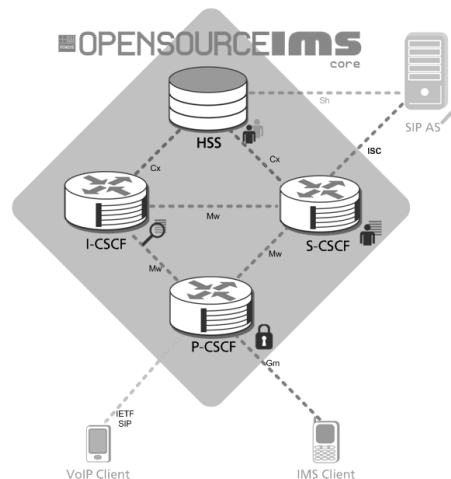


Figura 42 - Open Source IMS Core [37].

Os componentes centrais do projecto *Open Source IMS Core* são os *Open IMS CSCFs* (*Proxy, Interrogating e Serving*) e são construídos através do *SIP Express Router (SER)* [38] que pode funcionar como *SIP registrar*. O SER assegura o registo de cliente SIP, como proxy ou servidor de encaminhamento, e é capaz de gerir centenas de chamadas por segundo. Cada entidade CSCF do *Open IMS Core* é implementada como um módulo dinâmico SER onde são adicionadas as operações necessárias para que este se comporte de acordo com as especificações IMS técnicas existentes.

O subsistema IMS não está completo sem uma base de dados que armazena a informação de utilizadores e sessões. Assim, o próprio instituto FOKUS desenvolveu o seu HSS, FOKUS Home Subscriber Server (FHoSS) [39]. Este componente caracteriza-se pela sua simplicidade, tomando funções essencialmente de base de dados onde os dados do utilizador são armazenados numa base de dados MySQL [40]. FHoSS é fundamentalmente o configurador do sistema de gestão da base de dados e a interface DIAMETER com os CSCFs e a camada de aplicação IMS. De forma a facilitar a configuração e gestão dos perfis dos utilizadores, o FHoSS disponibiliza uma interface baseada em HTTP. Esta interface permite também a configuração de servidores de aplicação para que as mensagens sejam reencaminhadas para o local da rede correcto.

De modo a usarmos esta aplicação é necessária a configuração de utilizadores na mesma. O Open IMS Core facilita esta questão, inserindo por defeito as configurações de dois utilizadores onde um foi utilizado para testes a aplicação desenvolvida. A tabela 15 mostra os dois utilizadores predefinidos.

Tabela 15 - Utilizadores configurados por defeito no Open IMS Core.

Utilizador	IMSU	Private user identity	Public user identity	Palavra pass
Alice	alice	alice@open-ims.test	sip:alice@open-ims.test	alice
Bob	bob	bob@open-ims.test	sip:bob@open-ims.test	bob

A escolha de integrar este software no desenvolvimento da solução “IPTV 2.0” foi facilitada pelo grande vazio existente ainda nos sistema IMS de software livre, sendo o *Open IMS Core* o único existente, ao que foi possível apurar. As razões para tal são compreensíveis visto que IMS está a dar os seus primeiros passos de desenvolvimento e a criação de um sistema IMS *open source* teria um custo avultado devido à sua complexidade.

5.1.3 Software do Cliente

Para o utilizador da solução “IPTV 2.0”, o software do cliente é o componente mais importante da arquitectura pois é através dele que o utilizador tem acesso de forma organizada ao conteúdo multimédia que poderá assistir. Para tal foi usado uma aplicação *Media Center* que para além de servir de organizador dos dados multimédia armazenados localmente pelo utilizador, permite também a recepção de fluxo de dados provenientes da rede e a sua imediata visualização ou armazenamento.

Existem, hoje em dia, bastantes aplicações *Media Center* em constante actualização ao nível do software livre e que desempenham funções semelhantes, entre as quais MythTV [41], Freevo [42], XBMC [43], Moovida [44], Boxee [45].

Foram estudadas e testadas aquelas consideradas mais populares, considerando o software livre, e que preenchiam os requisitos necessários para o desenvolvimento da solução “IPTV 2.0”. As aplicações *Media Center* estudadas e as suas características são listadas na tabela 16.

Tabela 16 - Características dos vários Media Centers.

Nome	Sistemas Operativos	Conteúdos Internet	Plug-in	Funcionalidades Importantes
MythTV	Linux, Mac OS, Windows	Sim	Sim	Gravador de conteúdos, possibilidade de funcionar como sistema operativo.
XBMC	Linux, Mac OS, Windows	Sim	Sim	Pensado para correr na consola Xbox com possibilidade de organizar e correr jogos além de conteúdos multimédia, interface bastante acessível.
Boxee	Linux, Mac OS, Windows	Sim	Sim	Possibilidade de criar conta online e criar uma rede de amigos, interagindo com outras redes sociais baseadas em Web.

A escolha do software para servir de interface entre o utilizador e o centro de aplicações baseou-se em características que possibilitam a fácil implementação de novos serviços no próprio *Media Center*. Apesar de todas as

aplicações estudadas possuírem a possibilidade de criar e integrar novos Plugins, aquele que proporcionou as melhores condições de desenvolvimento do serviço “IPTV 2.0” foi o *XBMC Media Center*. Em relação ao *MythTV*, este apresentou-se bastante completo nas suas funcionalidades mas um pouco complexo ao nível da sua instalação e configuração, assim como no desenvolvimento e integração de novos serviços. Já o *Boxee Media Center* baseia-se na aplicação *XBMC*, apenas com alguns melhoramentos ao nível da GUI. Relativamente ao desenvolvimento de novos serviços é semelhante ao *XBMC*. Reunindo todas estas informações, fez-se a escolha do *Media Center XBMC* para integrar o serviço “IPTV 2.0”.

5.1.4 Software de comunicação SIP

O cliente “IPTV 2.0” não é mais que um cliente SIP que comunica com o subsistema IMS e o centro de aplicações através de mensagens SIP para que seja possível a criação de uma sessão multimédia entre o servidor multimédia e o cliente. Para que isto seja possível é necessário de um “motor” SIP, ou seja, as ferramentas necessárias para que, de uma forma simples, seja possível construir e enviar mensagens SIP para qualquer local da rede. Este “motor” SIP traduz-se numa biblioteca de programação, normalmente em linguagem C, que esconde a complexidade do uso do protocolo SIP para o estabelecimento de sessões multimédia de acordo com as especificações do protocolo. Estas bibliotecas são usadas na criação de clientes SIP que incluam aplicação como VoIP (*Voice over IP*), IM (*Instante Messaging*) e muitos outros serviços de comunicação em tempo real e pessoa-a-pessoa. As mensagens SIP são criadas através da API (*Application Programming Interface*) de cada biblioteca de modo a facilitar o desenvolvimento da aplicação.

As bibliotecas SIP mais utilizadas são listadas tabela 17.

Tabela 17 - Aplicações SIP e as suas características.

Nome	Descrição
eXosip [46]	A <i>eXtended osip library</i> , como o nome indica é uma extensão da biblioteca <i>osip</i> . Fornece uma simples API de alto nível para controlo do protocolo SIP no estabelecimento de sessões
Pjsip [47]	<i>Open Source SIP Stack</i> , é uma <i>stack</i> SIP que suporta várias extensões/características SIP. Distingue-se pela sua grande portabilidade, bastante leve, eficiente em termos computacionais e completo.
Sofia-SIP [48]	Biblioteca SIP <i>User-Agent Open Source</i> em conformidade com as especificações SIP, RFC3261, e usado como bloco de construção para as mais variadas aplicações SIP.
reSIProcate [49]	Consiste numa <i>stack</i> SIP multi-plataforma e uma colecção de aplicações. É usada em vários produtos comerciais sendo considerado bastante estável.

Partindo de critérios como a facilidade de compreensão dos métodos disponíveis pela biblioteca, assim como a quantidade dos mesmos e a sua interoperabilidade a opção escolhida para fazer parte do desenvolvimento da solução “IPTV 2.0” caiu sobre Sofia-SIP.

Sofia-SIP é uma biblioteca SIP que fornece as funcionalidades necessárias para implementar clientes SIP recorrendo a uma pequena quantidade de memória necessária e baixo poder de processamento. É escrita em ANSI C e está sobre a licença LGPL (*Lesser General Public Licence*). O código foi originalmente desenvolvido pelo centro de investigação da Nokia, NRC (*Nokia Research Center*), sendo colocado como software livre em 2006.

Sofia-SIP não se limita a fornecer funções relacionadas com protocolo SIP. É uma *stack* completa, desde suporte ao transporte de mensagens até uma API de alto nível. Os programadores de aplicações podem escolher o nível de abstracção que pretendem usar, usando a interface de alto nível “nua”, ou obter mais flexibilidade implementando o cliente através de uma série de funcionalidades situadas numa camada anterior: “sip”, “nta” ou “msg”. A camada de transporte apresenta-se bastante rica permitindo trabalhar com os mais diversos protocolos de transporte. A figura 43 permite compreender a estratificação da arquitectura Sofia-SIP.

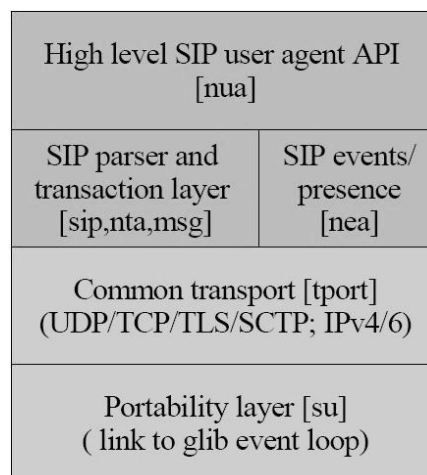


Figura 43 - Arquitectura Sofia-SIP [50].

A camada “nua” é a mais usada quando se pretende desenvolver um cliente SIP, pois o seu nível de abstracção é maior. As outras camadas poderão também ser usada mas requerem um maior cuidado no seu uso pois podem modificar o comportamento do software Sofia. Os comandos mais importantes pertencentes à camada “nua” e que possibilitam criar um cliente SIP são os seguintes.

- *nua_create* - cria o objecto relativo à camada “nua” e inicializa os parâmetros contidos nas *tags* usadas como valor de entrada.
- *nua_destroy* – destrói o objecto relativo à camada “nua”.

- *nua_handle* – cria um “gestor” de operação que liga o objecto criado por *nua_create* e os cabeçalhos que serão usados nos métodos SIP como por exemplo o endereço SIP de destino.
- *nua_invite* – usado para iniciar uma chamada entre duas partes, ou seja, inicia uma sessão SIP.
- *nua_register* – envia um SIP REGISTER com a informação do utilizador de modo a que este se possa registar.
- *nua_message* – envia uma mensagem instantânea.

5.2 Implementação da Solução

A solução desenvolvida tem como base os softwares livres identificados atrás. A maioria das aplicações está sobre a licença GPL (*General Public Licence*) ou LGPL (*Lesser General Public Licence*) o que permitiu o acesso a tecnologia sem que tenha havido encargos financeiros para tal.

As linguagens de programação utilizadas foram C e *Python*. A primeira destinou-se à integração do servidor multimédia no centro de aplicações, para que este possa controlar o servidor. Foi a partir desta linguagem que foi desenvolvida também toda a interacção entre o cliente e o subsistema IMS e cada um dos servidores de serviço, baseando esta interacção na biblioteca Sofia-SIP. A linguagem *Python* destinou-se à criação do plug-in embutido no *Media Center* que dá acesso à aplicação IPTV.

Todo o desenvolvimento da solução “IPTV 2.0” teve lugar em sistema operativo Linux, assim como os testes efectuados.

5.2.1 Interacção do Utilizador com a Solução “IPTV2.0”

A figura 44 mostra as várias fases de interacção do utilizador com a solução “IPTV 2.0”, sendo estas explicadas logo de seguida.

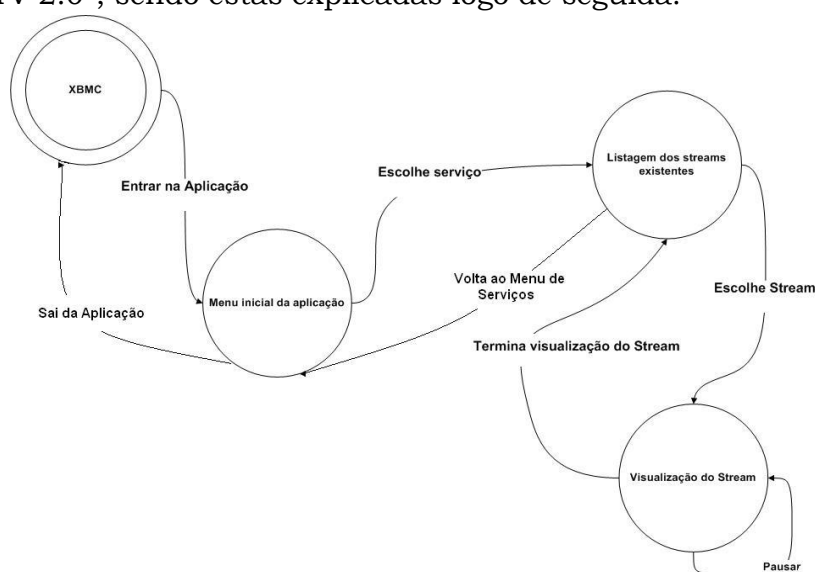


Figura 44 - Diagrama de estados das várias fases da aplicação.

Como já referido, a solução “IPTV2.0” foi inserida numa aplicação *Media Center* onde, anteriormente, os conteúdos multimédia eram apenas acedidos localmente. Para poder aceder aos conteúdos transmitidos pelo servidor multimédia o utilizador ao entrar no menu de vídeos do XBMC, (figura 45), terá de escolher a aplicação IPTV, onde é encaminhado ao menu inicial desta, (figura 46).



Figura 45 - Escolha da aplicação IPTV.



Figura 46 - Escolha do serviço que se pretende receber.

Aí, é dado ao utilizador a escolha do serviço que pretende usufruir. Dependendo do serviço escolhido, são listados os conteúdos multimédia prontos a serem visualizados, (figura 47), que serão mostrados ao utilizador após a sua escolha, (figura 48). A partir daqui o utilizador poderá suspender o *streaming* do conteúdo ou voltar para os menus anteriores até sair da aplicação.

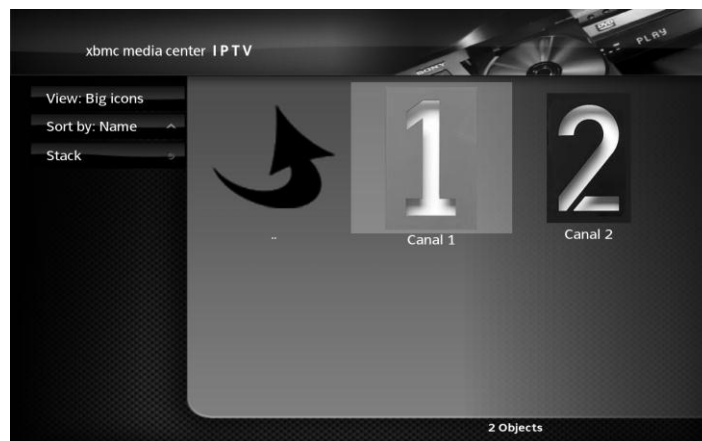


Figura 47 - Escolha do canal que se pretende visualizar.



Figura 48 - Conteúdo recebido pelo serviço televisivo.

5.2.2 Software do Cliente

Para a interface gráfica do software do cliente foi usada uma funcionalidade presente no *Media Center XBMC* que se destina ao desenvolvimento de novas aplicações (normalmente Web), a partir da linguagem de programação *Python*. Estas aplicações são chamadas de *add-on* e podem ser do tipo *script* ou *plug-in*. XBMC fornece ao *Python* uma forma de criar interfaces gráficas para o utilizador, GUI (*Graphical User Interface*), acesso a leitura de informação de hardware e ao ambiente do sistema de operação, e a possibilidade de estender as funcionalidades XBMC para criar aplicações Web.

Python é uma linguagem de programação dinâmica orientada a objectos que pode ser usada em muitas formas de desenvolvimentos de software. Oferece um forte suporte para integração com outras linguagens e ferramentas, possui um grande conjunto de bibliotecas standard e é de fácil aprendizagem [51].

A parte de comunicação IMS foi desenvolvida através de Sofia-SIP, explicado anteriormente que com a sua API foi possível criar um cliente IMS que interage com o subsistema IMS e o centro de aplicações de forma a receber a informação requisitada.

Assim, através das capacidades de interacção de *Python*, o cliente IMS desenvolvido na linguagem C é chamado pela interface XBMC que recebe a informação do centro de aplicações e disponibiliza-a ao utilizador.

Finalmente uma conexão *rtsp* é feita com o servidor de multimédia através do endereço recebido de um dos servidores de serviços e o conteúdo é recebido e mostrado ao utilizador.

5.2.3 Estados do Software Cliente e interacção com o Sistema

A figura 49 descreve esquematicamente os vários estados que o software cliente atravessa na sua interacção com o sistema para o início de uma sessão com o servidor multimédia. A mudança de estados depende na maior parte dos casos de uma acção do utilizador, como explicado de seguida.

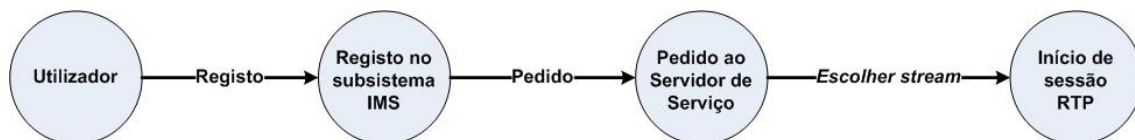


Figura 49 - Diagrama de estados do cliente para início de uma sessão multimédia.

Quando o software do cliente é iniciado, encontra-se no estado “Utilizador” uma vez que apenas pode avançar para o estado seguinte com uma acção do utilizador, onde este escolhe o serviço que pretende aderir naquele momento. Quando tal acontece, o software do cliente inicializa uma troca de mensagens com o subsistema IMS e com o servidor do serviço escolhido, que o vai permitir atravessar os dois estados seguintes. A primeira troca de mensagens tem como objectivo o registo do utilizador no subsistema IMS e a segunda concluirá com a recepção da informação relativa aos conteúdos disponíveis pelo servidor de serviços e, conseqüentemente, pelo servidor multimédia. O último estado da figura 49 só é possível após a acção do utilizador que, ao escolher o conteúdo que pretende visualizar, inicia uma sessão RTP com o servidor multimédia.

A interacção do cliente com o sistema refere-se a uma comunicação de um nível mais baixo comparada com a interacção do utilizador, explicada anteriormente. Esta comunicação refere-se à troca de mensagens entre o cliente e subsistema IMS e um servidor de serviço, mensagens estas invisíveis ao utilizador. Esta comunicação é explicada nos pontos seguintes.

5.2.4 Registo no Subsistema IMS

Antes de comunicar com um dos servidores de serviço do centro de aplicação, o software do cliente terá de se registar primeiro no subsistema IMS, através das suas funções de controlo (x-CSCF), para que este sirva de “ponte” entre as duas partes.

Para tal o cliente envia, inicialmente, uma mensagem SIP REGISTER para o endereço P-CSCF do subsistema IMS que é manualmente configurado no

cliente, isto é, é o endereço usado para poder usar as funcionalidades IMS da aplicação, neste caso o endereço é *sip:open-ims.test*. De seguida o P-CSCF encaminha o pedido para o I-CSCF que, com a ajuda do HSS, relaciona o pedido com o S-CSCF apropriado. De forma a autenticar o utilizador, o S-CSCF envia um “desafio” ao cliente através da mensagem SIP 401 *Unauthorised*, da qual contém um valor *nonce*, ou seja, um número ou uma *string* que é usada apenas uma vez por razões de encriptação. O cliente junta o valor *nonce* e as credenciais do utilizador encriptados com o algoritmo MD5 e cria uma resposta ao desafio que é inserida num segundo pedido SIP REGISTER. Ao receber este segundo pedido com a correcta autorização, o S-CSCF regista a identidade pública do utilizador, Public User Identity (IMPU), e associa-o ao endereço IP do cliente. O S-CSCF responde com a mensagem 200 OK de forma a informar o cliente que foi registado com sucesso na rede.

A figura 50 ilustra o fluxo de mensagens que ocorrem quando do registo IMS de um utilizador na rede.

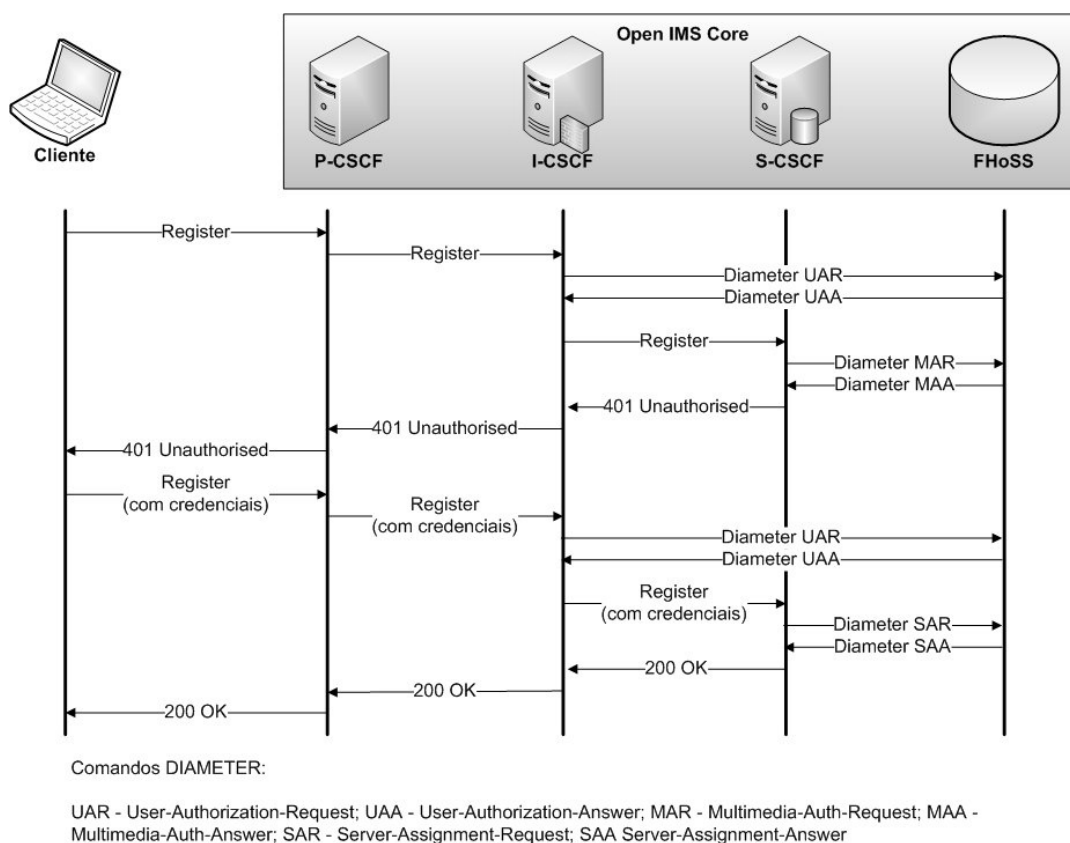


Figura 50 - Fluxo de mensagens aquando do registo IMS de um utilizador na rede.

5.2.5 Centro de Aplicações / Servidor multimédia

Cada servidor dentro do centro de aplicações trabalha em conjunto com o servidor multimédia de forma a haver uma coordenação entre ambos em relação ao endereço que está listado no servidor de serviço e o endereço que é disponibilizado pelo servidor multimédia.

Por cada serviço IPTV existe uma tabela que liga o nome do canal, por exemplo, ao seu respectivo endereço *rtsp*, o mesmo que o servidor multimédia usa para transmitir o conteúdo desse mesmo canal. Esta informação é guardada num ficheiro XML [52], e deverá ser introduzida manualmente para que o servidor de serviço crie uma tabela *hash* a fim de facilitar o seu uso. É usado o formato XML por ser uma metalinguagem baseada em texto para a descrição de dados, onde estes são estruturados e organizados hierarquicamente. Este formato permite a troca de dados independentemente da plataforma utilizada. A sua aprendizagem e utilização fácil torna este formato o mais adequado para este projecto.

A figura 51 mostra um exemplo de dados relativos a conteúdo multimédia e que seguem a estrutura XML utilizada.

```
<key-value_pairs>

  <key-value_pair>
    <key>channel1</key>
    <value>rtsp://mymediaserver.open-ims.test/channel1</value>
  </key-value_pair>

  <key-value_pair>
    <key>channel2</key>
    <value>rtsp://mymediaserver.open-ims.test/channel2</value>
  </key-value_pair>

</key-value_pairs>
```

Figura 51 - Informação organizada em ficheiro XML.

A informação dos conteúdos fornecidos por um servidor é organizada da seguinte forma. Por cada conteúdo existe um endereço *rtsp* relacionado onde ambos formam um par chave-valor. Cada par chave-valor terá, consequentemente, uma chave que será o conteúdo e o valor que será o endereço *rtsp*. Para obter um certo endereço o servidor faz uma pequena pesquisa através da chave recebida do cliente e encontra o endereço correspondente que será introduzido na resposta para o cliente.

Cada servidor de serviço usa igualmente estes valores para inicializar o servidor multimédia coincidindo o valor da chave ao nome do conteúdo a transmitir. Cada chave colocada no ficheiro XML corresponde também ao nome do conteúdo que será transmitido pelo servidor multimédia. Por exemplo, o canal de televisão *channel1* terá o seu conteúdo correspondente no servidor multimédia com o nome *channel1.avi*. Desta forma torna-se fácil a inicialização do servidor multimédia por parte do servidor do serviço com os conteúdos e endereço correctos. A figura 52 ilustra esquematicamente a correlação de dados entre os servidores de conteúdos e o servidor multimédia.

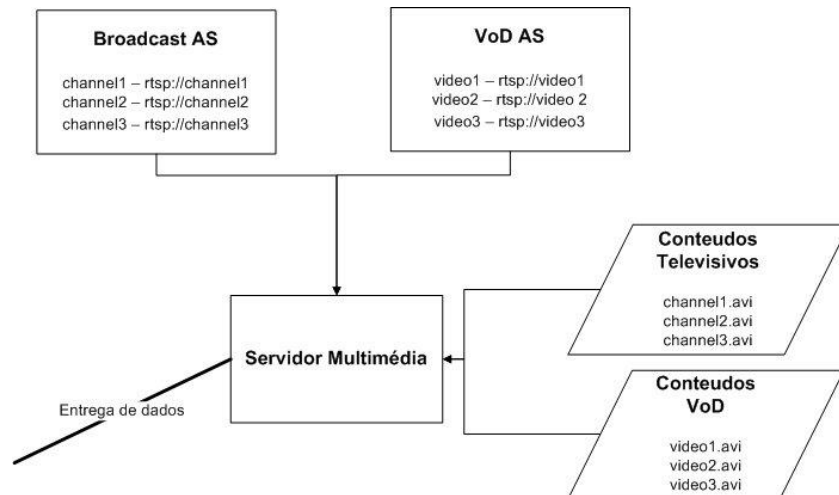


Figura 52 - Coordenação entre centro de aplicações e servidor multimédia.

Através dos comandos disponíveis pelo VLC ao nível do *streaming* de conteúdos, tanto na transmissão de dados de forma *broadcast* como de forma VoD, descritos em [53], é bastante fácil iniciar um servidor *streaming* com o conteúdo pretendido das duas formas que caracterizam a solução “IPTV 2.0”.

5.2.6 Pedido a um Servidor de Serviço

Após devidamente registado o cliente inicia a sua comunicação com um dos servidores de serviço a fim de poder visualizar conteúdo multimédia. Esta comunicação é mostrada na figura 54. Primeiro o cliente envia uma mensagem SIP INVITE com a qual pretende iniciar uma sessão com o servidor de serviço escolhido. Esta mensagem tem como objectivo a recepção da informação relativa a um certo conteúdo. Por exemplo para receber o *channel1*, o cliente envia um pedido com o seguinte mensagem: *INVITE sip:channel1@iptv.open-ims.test SIP/2.0*. Este pedido passa pelo subsistema IMS a fim de encaminhar a comunicação entre as duas entidades. A mensagem seguinte será a resposta ao pedido feito pelo cliente e conterá a informação que permite o cliente aceder ao conteúdo multimédia. Esta resposta é embutida numa mensagem SIP 200 OK e que precede a uma mensagem SIP ACK por parte do cliente para o servidor de serviços em que este reconhece a recepção da informação. Com o endereço *rtsp* obtido o cliente pode então iniciar uma sessão com o servidor multimédia onde no fim o cliente pode apresentar ao utilizador o conteúdo escolhido. De modo a finalizar a sessão com o servidor de serviço o cliente envia uma mensagem SIP BYE que é seguida de uma mensagem SIP ACK por parte do servidor que reconhece o fim da sessão entre os dois elementos.

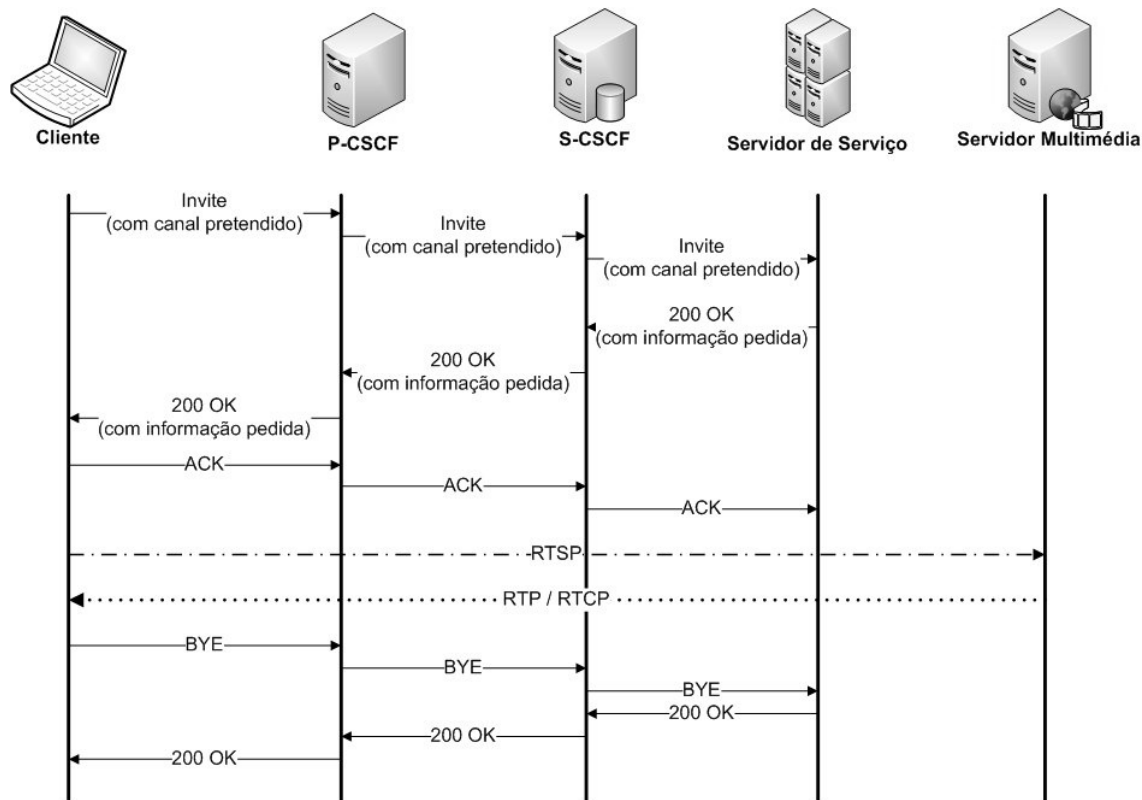


Figura 53 - Comunicação entre cliente e servidor de serviço e multimédia.

Todas as mensagens trocadas tanto entre o cliente e o subsistema IMS como entre o cliente e o servidor de serviço estão disponíveis na sua íntegra no anexo B deste documento.

5.3 Avaliação da Solução

Nesta secção são apresentados os testes efectuados à solução desenvolvida e a respectiva análise dos mesmos. Foram feitos dois tipos de testes: testes funcionais e de desempenho.

5.3.1 Ambiente de Testes

A avaliação da solução desenvolvida foi realizada numa rede local, onde todos os elementos da arquitectura se encontram numa única máquina, a mesma usada para o projecto e construção da arquitectura, e que dispõe de um processador de 2GHz e 4GB de memória RAM (*Random Access Memory*). O sistema operativo utilizado foi Linux Ubuntu 8.10, o mesmo utilizado para o desenvolvimento da solução.

5.3.2 Testes de Funcionalidade

Este tipo de testes tem como objectivo avaliar se a solução desenvolvida realmente desempenha as funcionalidades previstas.

O objectivo principal da solução IPTV 2.0 centra-se numa aplicação, inserida num *Media Center*, que recebe conteúdo multimédia e o apresenta ao utilizador através de mais que um serviço IPTV. Assim, em vez de a fonte do conteúdo se encontrar coligado às configurações do *Media center* (como inicialmente), os dados multimédia são transportados pela rede através de protocolos de comunicação, transporte, sinalização, que asseguram a correcta entrega dos dados.

Assim, algumas funcionalidades da aplicação deverão estar disponíveis ao utilizador, de modo a poder usufruir do objectivo para o qual a solução foi projectada. Não sendo o principal objectivo deste projecto a apresentação do maior número possível de funcionalidades, mas sim a implementação da tecnologia IMS para IPTV, apenas algumas funcionalidades foram previstas:

- Entrar na aplicação
- Escolha de serviço televisivo, *broadcast*, *Video On Demand*.
- Escolha do canal/vídeo que se pretenda visualizar.
- Opção de suspender o visionamento, retomando posteriormente desse mesmo ponto.
- Alterar o canal/vídeo a qualquer momento.
- Abandonar aplicação.

O aspecto gráfico da aplicação pode ser observado na secção 5.2.1 onde as várias funcionalidades são também mostradas.

Com base nos testes realizados, comprovou-se que as funcionalidades foram bem implementadas e que a comunicação cliente/servidor foi satisfeita e produz os resultados esperados. Nos testes de desempenho serão aprofundados as variáveis temporais desta comunicação.

5.3.3 Testes de Desempenho

Este tipo de testes tem como objectivo avaliar o desempenho da solução a nível quantitativo, focando os aspectos que permitem concluir se a solução implementada permite fornecer as funcionalidades inerentes de modo a cumprir parâmetros de usabilidade positivos e de forma económica em termos de processamento do sistema e temporais. Como a solução “IPTV 2.0” prevê uma interacção directa com o cliente, o tempo de resposta desde que o cliente clica numa opção, até que esta lhe é disponível, torna-se um parâmetro de avaliação mais importante. Assim, de seguida, serão apresentados os resultados obtidos dos testes temporais realizados e a sua correspondente análise.

Aquando da activação da aplicação, quando o utilizador selecciona a mesma, vários mecanismos são accionados antes que este receba a informação

gráfica que lhe permita prosseguir ao longo da solução. A comunicação principal da aplicação é, sem dúvida, aquela que existe entre o software do cliente e o servidor, onde a informação sobre um canal ou um vídeo é trocada entre ambos, passando pelo subsistema IMS que realiza a interação entre ambos. Os tempos foram todos medidos no cliente.

De modo a avaliar o desempenho da solução relativamente à comunicação entre os vários elementos da rede, a figura 54 apresenta a durabilidade das mensagens entre ambos, calculados através dos *logs* emitidos pelo Sofia-SIP.

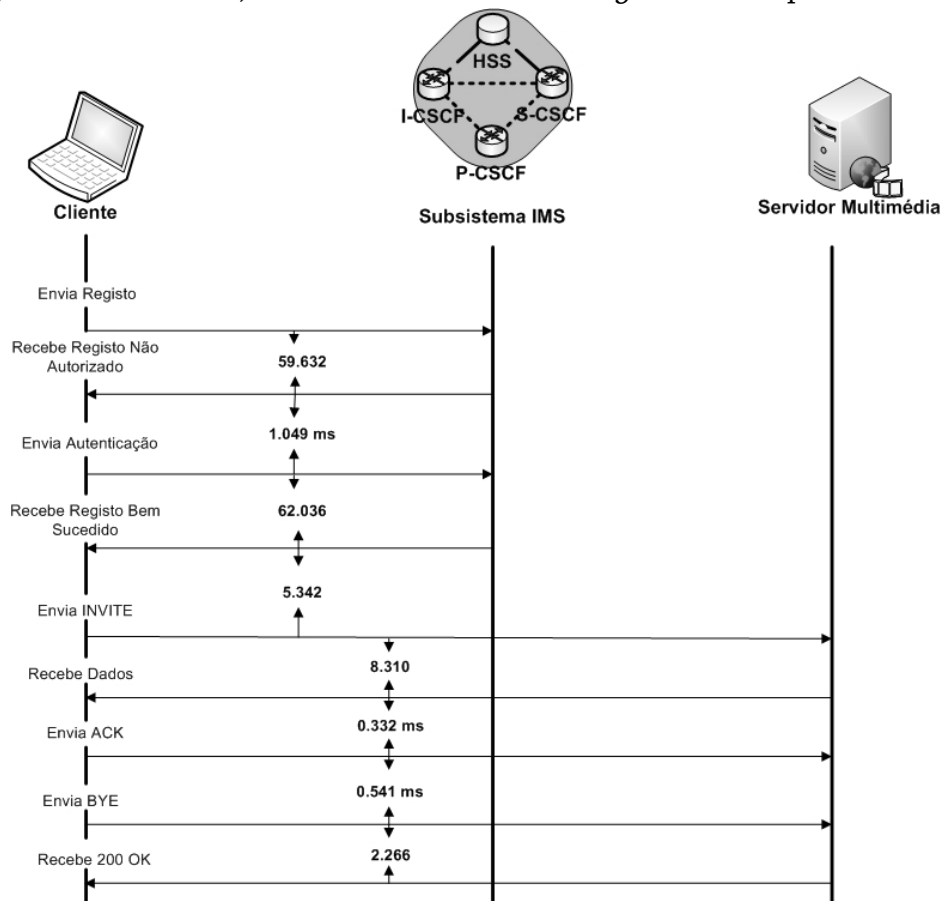


Figura 54 - Diagrama gráfico dos tempos entre cada mensagem a partir do cliente (em milissegundos).

A análise estatística destes resultados é tabelada na seguinte informação (tabela 18).

Pelos resultados obtidos conclui-se que a troca de mensagens faz-se num espaço de tempo bastante curto, poucos milissegundos na maior parte dos casos. Estes valores podem ser explicados devido à solução “IPTV 2.0” ter sido desenvolvida num único PC. No entanto, verifica-se uma certa diferença entre o tempo da troca de mensagens entre o subsistema IMS e o software do cliente e o servidor de serviços e o software do cliente, onde no primeiro caso o tempo médio encontra-se nos 60 milissegundos, e no segundo por volta dos 6 milissegundos.

Tabela 18 - Análise estatística dos tempos entre cada mensagem recebida e enviada pelo cliente (em milissegundos).

Mensagem	Média	Desvio Padrão	Variância	Intervalo de Confiança a 95%
Enviar registo – Recebe Não Autorização	59.632	3.202	10.255	]53.276;65.988[
Envia Autenticação	1.049	0.63	0.402	]0.800;1.285[
Recebe Sucesso de Registo	62.036	8.728	76.195	]14.736;109.336[
Envia INVITE	5.342	1.817	3.302	]3.293;7.387[
Recebe Dados de Servidor	8.310	1.692	2.865	]6.541;10.082[
Envia ACK	0.332	0.122	0.015	]0.319;0.345[
Envia Bye	0.541	0.206	0.042	]0.515;0.567[
Recebe 200 OK	2.266	1.115	1.245	]1.496;3.036[

O teste anterior permitia concluir a temporização das acções que ocorrem na parte não visível da aplicação, por parte do utilizador. Tendo em conta o papel do utilizador, o tempo entre requerer uma funcionalidade, e esta lhe ser visível é bastante importante. Tendo em conta esta afirmação, foram realizados vários testes que tentam analisar a solução “IPTV 2.0” a nível dos intervalos entre funcionalidades, calculados a partir do *log* fornecido pelo XBMC. Os resultados são apresentados primeiramente de forma gráfica (figura 55) e, de seguida através da tabela 19, que contém a análise estatística dos mesmos.

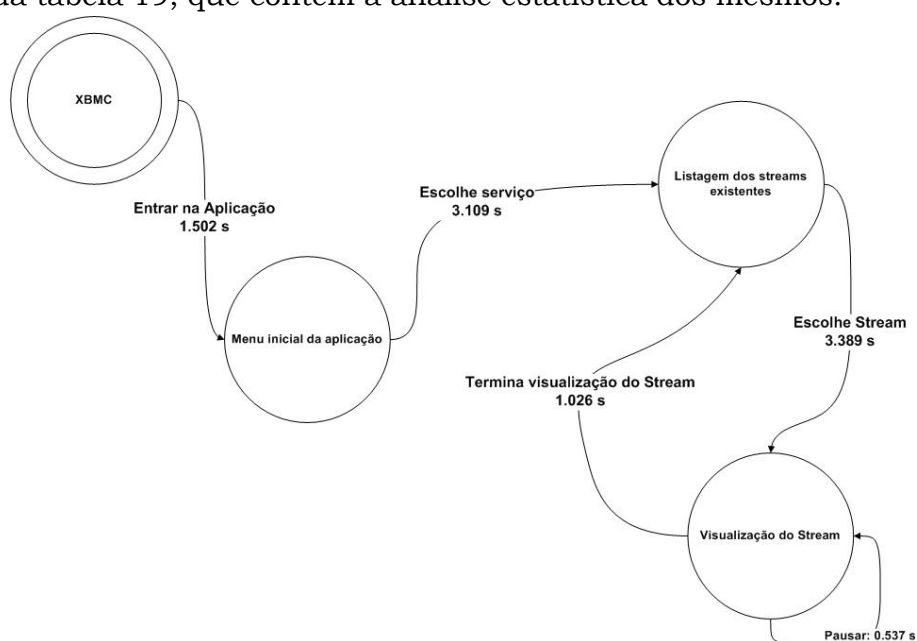


Figura 55 - Diagrama gráfico dos tempos entre funcionalidades (em segundos).

Tabela 19 - Análise estatística dos tempos entre as funcionalidades da aplicação (em segundos).

Funcionalidade	Média (s)	Desvio Padrão	Variância	Tempo de Referência a [54] (s)	Intervalo de Confiança a 95%
Entrar na Aplicação	1.502	0.560	0.314	-	]1.305;1.695[
Escolher Serviço	3.109	0.411	0.169	-	]3.005;3.213[
Abrir Canal	3.389	0.355	0.126	10	]3.311;3.467[
Pausa	0.537	0.367	0.135	0.2	]0.454;0.620[
Terminar Visualização	1.026	0.264	0.070	2	]0.986;1.066[

Pelos resultados obtidos conclui-se que para entrar na aplicação IPTV, ou seja, a partir do ambiente XBMC, para o plug-in desenvolvido, passam em média um segundo e meio, que se verifica ser um tempo normal para uma entrada numa aplicação do XBMC. Já dentro da aplicação, onde se escolhe o serviço que se pretende receber, o tempo de espera para receber a informação dos canais/vídeos situa-se nos 3.1 segundos, em média. Verifica-se, de facto, um valor um pouco elevado para uma navegação que se pretende ser a mais contínua possível. Este valor é explicado pelo despoletar da comunicação entre o software do cliente e o servidor: o software do cliente precisa de algum tempo para disponibilizar de forma correcta a informação recebida pelo servidor de serviços.

No instante em que se escolher um canal/vídeo experienciamos uma espera de 3.5 segundos, em média, até ser possível visualizar o conteúdo pretendido. É neste momento que a comunicação com o servidor multimédia é feita, introduzindo toda a carga temporal que advém deste processo, a nível de receber o *stream* e disponibilizá-lo ao utilizador. Quando o utilizar pretende pausar a visualização de um conteúdo, esta funcionalidade demora em média 0.5 segundos. Como o *Media Center XBMC* não prevê a situação de mudar de canal apenas com um clique, esta funcionalidade não foi alvo de teste. Para mudar de canal o utilizador terá de terminar a visualização do *stream* actual, onde será levado para o menu onde estão disponíveis os canais/vídeos do serviço actual. Este processo demora, em média, um segundo. Já no menu, o utilizador pode escolher um outro canal/vídeo, ou sair do serviço em questão.

De forma a melhor analisar os tempos obtidos foram usados tempos de referência emitidos pelo *Broadband Forum*[54] em relação aos tempos das várias funcionalidades. Assim, três avaliações temporais foram comparadas, abrir canal, ou seja, estabelecer sessão com o servidor multimédia, suspender visualização, e terminar sessão de *streaming*. Por comparação apenas o valor de suspender a sessão se encontra acima do recomendado, estando os outros valores abaixo do mesmo.

6 ■ Conclusões e Trabalho Futuro

6.1 Principais Aplicações IPTV

A idealização e o desenvolvimento deste projecto teve como principal objectivo, numa primeira fase, o estudo da tecnologia IMS (*IP Multimedia Subsystem*) integrada numa arquitectura IPTV, descrevendo as características tecnológicas de cada uma e o seu enquadramento real. Ao nível IPTV foram estudadas as várias arquitecturas existentes e os protocolos associados, tanto de comunicação (RTSP, SIP), como os vários protocolos de transporte (IP, UDP, RTP, etc.) especificando o seu papel em cada camada de rede.

O estudo da tecnologia IMS permitiu compreender o seu crescente interesse na área das telecomunicações. Neste documento é feito um estudo desta tecnologia, sendo especificada a sua arquitectura assim como as funções de cada um dos seus elementos.

Como base neste estudo foi projectada, implementada e testada uma aplicação IPTV com o objectivo de fornecer ao utilizador dois serviços base da tecnologia IPTV: visualização de canais em tempo real (*broadcast*), e *Video On Demand* (VoD). A aplicação desenvolvida foi inserida no software *Media Center XBMC* que, a partir das suas funcionalidades de apresentação de conteúdos e possibilidade de integrar vídeos em *stream* foi a solução escolhida.

A partir de um servidor de serviços, onde é colocada toda a informação relativa às opções multimédia do utilizador, este pode escolher o conteúdo que pretende visualizar, sendo-lhe entregue pelo servidor multimédia que envia para a rede um *stream* dos dados seleccionados. A gestão desta informação é feita pelo subsistema IMS, através do software *Open IMS Core* que permite o encaminhamento rápido e eficaz da informação entre o cliente e servidor de serviços.

A partir dos testes realizados conclui-se que a solução desenvolvida obteve resultados positivos ao nível da funcionalidade e, comparando os valores desta com o organismo que emite as especificações de rede de banda larga, *Broadband Forum*, permite avaliar a solução positivamente ao nível do desempenho.

6.2 Trabalho Futuro

Para um estudo mais aprofundado da solução, o primeiro passo será testar a mesma numa rede LAN e mesmo numa rede pública de modo a poder conhecer a extensibilidade da aplicação.

O próprio conceito de IPTV engloba a existência de um largo número de funcionalidade e serviços que são entregues através do protocolo IP. A solução desenvolvida prevê apenas dois destes serviços, considerados a base IPTV, mas muitos outros poderiam ser incluídos. Tirando partido da tecnologia IMS e do

protocolo de sinalização SIP, os serviços que podem ser incluídos na solução a curto prazo seriam os serviços de VoIP, *Instante Messaging*, vídeo-conferência, pesquisa na Web, e outros, que podem ser desenvolvidos a partir de IMS. Para que estes serviços possam ser assegurados da melhor forma possível, funcionalidades de recuperação de falhas devem ser implementadas para cada serviço criado.

Pode-se também pensar na integração com outros sistemas, como por exemplo: DRM/CA (*Digital Right Management/Conditional Access System*), AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*), BSS (*Business Support System*), CRM (*Customer Relationship Management*), *Order Management* (gestão de pedidos), *Network Inventory* e/ou *Service Activation*.

Integrar o software *Media Center XBMC* com a aplicação “IPTV2.0” em uma *Set-Top Box* é um passo também possível, de modo a poder usar esta solução através de um aparelho televisivo, onde é suposto chegar o conteúdo IPTV vindo do servidor multimédia.

Bibliografia

- [1] Telecommunication Standardization Sector FG IPTV-C-0132
- [2] William Cooper, Graham Lovelace, “IPTV GUIDE” Lovelace consulting
- [3] “Televisão: das Origens ao multimédia e à interactividade”, Jean-Louis Missika e Dominique Wolton
- [4] “IP Multimedia Subsystem Handbook (IMS)”, Edited by Syed A. Ahson Mohammad Ilyas, 2009.
- [5] A Progressive Lossless/Near-Lossless Image Compression Algorithm, İsmail Avcıbaşı, Nasir Memon, Bülent Sankur, Khalid Sayood
- [6] Richardson, Iain E.G., “H.264 and MPEG-4 Video Compression”, John Wiley and Sons, 2003, ISBN 0-470-84837-5
- [7] MPEG-2 Digital Broadcast Pocket Guide, Acterna
- [8] edited by Atul Puri, Tsuhan Chen , “Multimedia Systems, Standards and Networks”, Marcel Dekker, 2000.
- [9] Terms and Reference, MPEG home page, <http://www.chiariglione.org/mpeg/>
- [10] Yun Q. Shi, Huifang, “Image and Video Compression for Multimedia Engineering, Fundamentals, Algorithms, and Standards”, CRC Press
- [11] “MPEG-2 Transmission”, <http://www.abdn.ac.uk/~wpe028/research/future-net/digital-video/mpeg2-trans.html>
- [12] Y. Pourmohammadi, K. Asrar Haghighi, A. Mohamed, H. M. Alnuweiri, “Streaming MPEG-4 over IP and Broadcast Networks: DMIF Based Architectures”
- [13] Rob Koenen, “MPEG-4 Overview - (V.21 – Jeju Version)”
- [14] Kamal Deep SINGH, Julio OROZCO, David ROS, Gerardo RUBINO, “Streaming of H.264 Video over HSDPA: Impact of MAC-Layer Schedulers on User-Perceived Quality”, RR-2007002-RSM, 2007
- [15] O’Driscoll, Gerard. “Next generation IPTV services and Technologies” WILEY-INTERSCIENCE A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION ISBN 978-0-470-16372-6

- [16] Jay Loomis, Mike Wasson, Microsoft Corporation October 2007, “VC-1 Technical Overview”
[Http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/howto/articles/vc1techoverview.aspx](http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/howto/articles/vc1techoverview.aspx)
- [17] <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=28782&seqNum=3>
- [18] “H.264 & IPTV Over DSL – Enablind New Telco Revenue Oportunities“, Intel Corporation
- [19] “IPTVDistribution in Home Networks”, white paper, Intellon.
- [20] “IP/TV Administration and Configuration Guide”, 78-5404-04, Cisco Systems
- [21] “Multicast: Conformance and Performance Testing”, Ixia, 2005
- [22] S. Schoaf, M. Bernstein, “Introduction to IGMP for IPTV networks“, Juniper Networks, Jun. 2006
- [23] “SESSION INITIATION PROTOCOL (SIP) Controlling Convergent Networks” Travis Russell, McGraw-Hill Companies, Inc., 2008
- [24] “Why IPTV? Interactivity, Technologies and Services”, Johan Hjelm Ericsson, A John Wiley and Sons, Ltd, Publication
- [25] IETF RFC 3265 <http://www.ietf.org/rfc/rfc3265.txt>
- [26] “IP Multimedia Subsystem Handbook (IMS) ”, Edited by Syed A. Ahson Mohammad Ilyas, 2009.
- [27] “The Importance of Standard IMS Architecture”, Rakesh Khandelwal, *Consultant*, TATA Consultancy Services, Ltd.
- [28] “Meet Economic and Technological Challenges through IMS A next generation network that solves operational difficulties facing today’s telecommunications operators”, Lou Grilli, white paper, Syniverse Technology Manager.
- [29] “<http://www.nec.co.jp/techrep/en/journal/g08/n04/080420-16.html>
- [30] “Delivering Quadruple Play with IPTV over IMS”, Bruno Chatras, Mikhaël Saïd France Telecom Research & Development
- [31] “IPTV User Equipment for IMS-based streaming Services” ,O.Friedrich, R. Seeliger, F. Gouveia and S. Arbanowski, Fraunhofer Institute FOKUS
- [32] Darwin Stream Server, <http://dss.macosforge.org/>

- [33] LIVE 555 Media Server, <http://www.live555.com/mediaServer/>
- [34] VideoLan – VLC media player, <http://www.videolan.org/>
- [35] Windows Media Server,
<http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/forpros/server/server.aspx>
- [36] *Fraunhofer Institute FOKUS*,
<http://www.fokus.fraunhofer.de/en/fokus/index.html>
- [37] Open Source IMS Core, <http://www.openimscore.org/>
- [38] Source Express Router, SER, <http://www.iptel.org/se>
- [39] Fokus Home Subscriber Server
http://www.fokus.fraunhofer.de/en/fokus_testbeds/open_ims_playground/components/osims/fhoss/index.html
- [40] Base de Dados, MySQL, <http://www.mysql.com/>
- [41] MythTV, <http://www.mythtv.org/>
- [42] Freevo Media Center, <http://freevo.sourceforge.net/>
- [43] XBMC Media Center, <http://xbmc.org/>
- [44] Moovida Media Center, <http://www.moovida.com/>
- [45] Boxee Media Center, <http://www.boxee.tv/>
- [46] eXtended osip library, <http://savannah.nongnu.org/projects/exosip/>
- [47] Open Source SIP Stack, <http://www.pjsip.org/>
- [48] Sofia-SIP, <http://sofia-sip.sourceforge.net/>
- [49] “Introducing SIP to the Telepathy Framework with Sofia-SIP” 200606298,
Kai Vehmanen, Nokia Research Center Guadec 2006, Vilanova i la Geltrú
- [50] reSIProcate, <http://www.resiprocate.org>
- [51] Linguagem Python, <http://www.python.org/>
- [52] <http://www.xml.com/>
- [53] Manual de utilização VLC, <http://www.videolan.org/doc/streaming-howto/en/ch05.html>

[54] Broadband Forum,
<http://www.broadbandforum.org/technical/download/TR-126.pdf>

Anexo A

Instalação e configuração do Open IMS Core

Este anexo tem como objectivo descrever o processo de instalação da aplicação usada como subsistema IMS, Open IMS Core, assim como a sua configuração.

Pré-requisitos

Para ser possível a instalação e o bom funcionamento do Open IMS Core são necessários pré-requisitos tanto ao nível de hardware como de software, mas também de acesso à rede.

- *Requisitos hardware*
 - Sistema operativo Linux classe *Desktop*, (foi usada a versão Ubuntu 8.10)
 - Para um desempenho óptimo:
 - Alguns Gigabytes de memória RAM.
 - Processadores quanto os possíveis.
 - Gigabyte Ethernet.
- *Acesso à rede*
 - Acesso à internet pública.
 - Servidor DNS controlável.
- *Requisitos software*
 - ~100MBytes de espaço livre no disco.
 - GCC3/4, *make*, JDK1.5, *ant*
 - MySQL instalado e a correr.
 - *Bison*, *flex*
 - *libxml2* (> 2.6), *libmysql* – os dois com *development*
 - *bind* instalado e a correr.

Na consola Linux, com o seguinte comando podemos instalar os requisitos necessários.

```
sudo apt-get install sun-java6-jdk mysql-server libmysqlclient15-dev libxml2  
libxml2-dev bind9 ant flex bison subversion
```

Download do código fonte

A última versão do código fonte do Open IMS Core encontra-se num repositório online onde pode ser facilmente descarregado. Este código é pré-configurado para funcionar de um local específico da máquina. Assim, os seguintes passos devem ser tomados.

- Criar a pasta específica em /opt/OpenIMSCore

```
sudo mkdir /opt/OpenIMSCore  
cd /opt/OpenIMSCore
```

- Criar e descarregar o código fonte para a pasta que vai conter as funcionalidades de controlo do OpenIMSCore, *ser_ims*

```
svn checkout  
http://svn.berlios.de/svnroot/repos/openimscore/ser\_ims/trunk  
ser_ims
```

- Criar e descarregar o código fonte para a pasta que vai conter a base de dados do OpenIMSCore, *FHoSS*

```
svn checkout  
http://svn.berlios.de/svnroot/repos/openimscore/FHoSS/trunk FHoSS
```

Compilar código fonte

Para cada um dos componentes, funções de controlo e base de dados, contidas em cada pasta anteriormente criadas, é necessário realizar a compilação do respectivo código fonte.

- *ser_ims*

```
cd ser_ims  
make install-libs all  
cd..
```

- *FHoSS*

```
cd FHoSS  
ant compile  
ant deploy  
cd..
```

Configuração do ambiente OpenIMSCore

A configuração do OpenIMSCore, assim como a solução “IPTV 2.0”, foi realizada na rede local, *localhost*. Para tal, o OpenIMSCore está configurado por defeito para rede local, no entanto, há algumas configurações que se deve ter em conta.

- DNS
 - Um exemplo de configuração DNS pode ser encontrado em *ser_ims/cfg/open-ims.dnszone*.

- Copiar o ficheiro para o directório de configuração do *bind*.
 - Editar o ficheiro *named.conf* e inserir o ficheiro anterior.
 - Reiniciar o servidor de nomes.
 - Verificar */etc/resolv.conf* de modo a confirmar que este aponta para o novo servidor DNS.
- MySQL
 - Algumas bases de dados devem ser adicionadas ao sistema.

```
mysql -u root -p -h localhost < ser_ims/cfg/icscf.sql
mysql -u root -p -h localhost < FHoSS/scripts/hss_db.sql
mysql -u root -p -h localhost < FHoSS/scripts/userdata.sql
```

Configuração do OpenIMSCore

De forma a facilitar o acesso às funções de controlo e de configuração do OpenIMSCore podemos copiar estes ficheiros para o local base da aplicação. Assim, tendo em conta que nos encontramos na pasta */opt/OpenIMSCore*

```
sudo cp ser_ims/cfg/*.cfg .
sudo cp ser_ims/cfg/*.xml .
sudo cp ser_ims/cfg/*.sh .
```

Em relação à base de dados, os ficheiros de configuração encontram-se em *FHoSS/deploy*

Inicialização dos componentes

Os vários componentes OpenIMSCore relativo às funções de controlo devem ser inicializados em paralelo, *pcscf.sh*, *icscf.sh*, *scscf.sh*. A base de dados da aplicação encontra-se em *FHoSS/deploy/startup.sh*.

Um script de inicialização foi desenvolvido de modo a facilitar o arranque do OpenIMSCore e que deve ser colocado na pasta */FHoSS/deploy*

```
#!/bin/bash

gnome-terminal -e "bash -c /opt/OpenIMSCore/scscf.sh\;bash"

gnome-terminal -e "bash -c /opt/OpenIMSCore/pcscf.sh\;bash"

gnome-terminal -e "bash -c /opt/OpenIMSCore/icscf.sh\;bash"

sudo /opt/OpenIMSCore/FHoSS/deploy/startup.sh
```

Para certificar o bom funcionamento dos componentes, deve-se aceder à interface Web disponibilizada pela aplicação em <http://localhost:8080/> com o login *hssAdmin* e palavra passe *hss*.

Estão configurados por defeitos dois subscritores, Alice e Bob, que foram usados na solução “IPTV 2.0” onde os seus endereços são:

- alice@open-ims.test
- bob@open-ims.test

A figura **sjkdd** mostra a interface disponibilizada pela aplicação Open IMS Core.

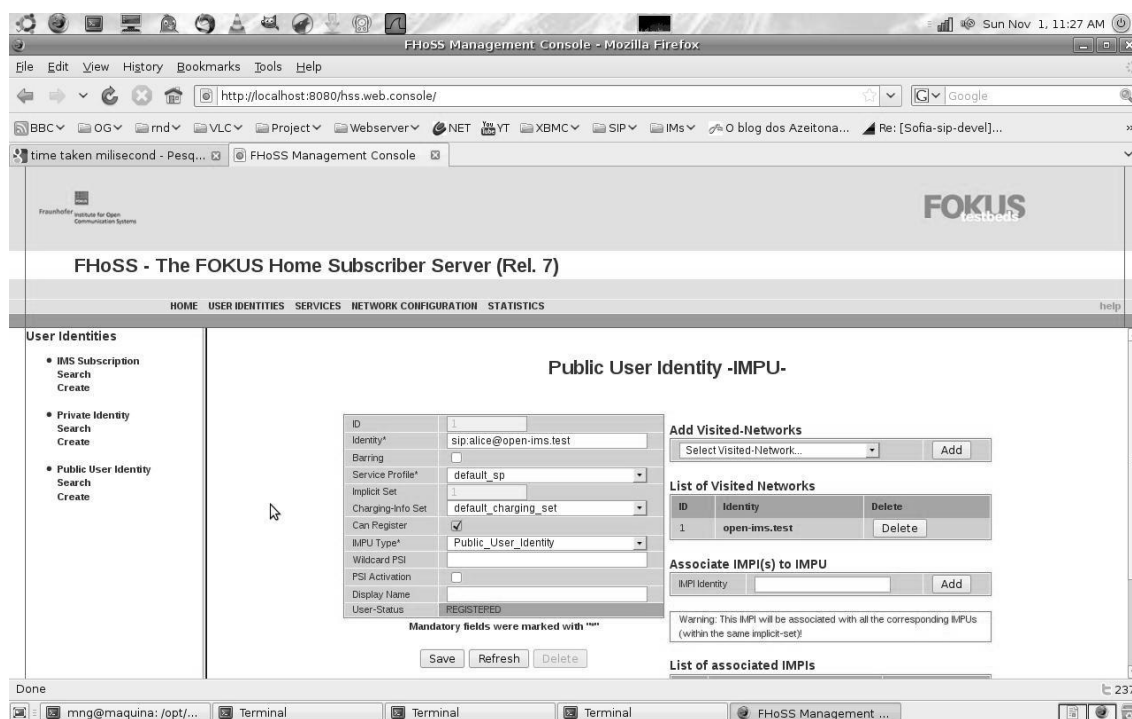


Figura 56 - Interface Web do Open IMS Core.

Anexo B

Troca de Mensagens entre os Elementos da Arquitectura

Registo do utilizador no IMS

```
REGISTER sip:open-ims.test SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:33701;rport;branch=z9hG4bKyr540QU29XDQr
Max-Forwards: 70
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=y3jc33c3vy9gj
To: <sip:bob@open-ims.test>
Call-ID: 1e28286e-0c0e-122d-c9a6-001dba24c9ef
CSeq: 119481704 REGISTER
Contact: <sip:192.168.0.110:33701>
Expires: 3600
User-Agent: sofia-sip/1.12.10
Allow: INVITE, ACK, BYE, CANCEL, OPTIONS, PRACK, MESSAGE,
SUBSCRIBE, NOTIFY, REFER, UPDATE
Supported: timer, 100rel, path
Content-Length: 0
```

Resposta do servidor (sem autenticação o utilizador encontra-se não autorizado ao serviço)

```
SIP/2.0 401 Unauthorized - Challenging the UE
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:33701;rport=33701;branch=z9hG4bKyr540QU29XDQr
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=y3jc33c3vy9gj
To: <sip:bob@open-ims.test>;tag=d7837ce6bbd631122d10546eb75bb4cf-380f
Call-ID: 1e28286e-0c0e-122d-c9a6-001dba24c9ef
CSeq: 119481704 REGISTER
Path: <sip:term@pcscf.open-ims.test:4060;lr>
Service-Route: <sip:orig@scscf.open-ims.test:6060;lr>
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY,
PUBLISH, MESSAGE, INFO
Server: Sip EXpress router (2.1.0-dev1 OpenIMSCore (i386/linux))
Content-Length: 0
Warning: 392 127.0.0.1:6060 "Noisy feedback tells: pid=7178
req_src_ip=127.0.0.1 req_src_port=5060 in_uri=sip:scscf.open-ims.test:6060
out_uri=sip:scscf.open-ims.test:6060 via_cnt==3"
WWW-Authenticate: Digest realm="open-ims.test",
nonce="a0f17bfbb57476c0740516cf5ebb6867", algorithm=MD5, qop="auth,auth-
int"
```

Registo do utilizadores com credenciais

```
REGISTER sip:open-ims.test SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:33701;rport;branch=z9hG4bKZ1yX2jc66639K
```

Max-Forwards: 70
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=y3jc33c3vy9gj
To: <sip:bob@open-ims.test>
Call-ID: 1e28286e-0c0e-122d-c9a6-001dba24c9ef
CSeq: 119481705 REGISTER
Contact: <sip:192.168.0.110:33701>
Expires: 3600
User-Agent: sofia-sip/1.12.10
Allow: INVITE, ACK, BYE, CANCEL, OPTIONS, PRACK, MESSAGE,
SUBSCRIBE, NOTIFY, REFER, UPDATE
Supported: timer, 100rel, path
Authorization: Digest username="bob@open-ims.test", realm="open-ims.test",
nonce="a0f17bfb57476c0740516cf5ebb6867",
cnonce="HiwbtAwOEi2myQAdui7w", algorithm=MD5, uri="sip:open-ims.test",
response="99d01923c3aedfe9d1d199ec2404f25d", qop=auth-int, nc=00000001
Content-Length: 0

Resposta de confirmação de registo por parte do servidor IMS

SIP/2.0 200 OK - SAR succesful and registrar saved
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:33701;rport=33701;branch=z9hG4bKZ1yX2jc66639K
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=y3jc33c3vy9gj
To: <sip:bob@open-ims.test>;tag=d7837ce6bbd631122d10546eb75bb4cf-6afe
Call-ID: 1e28286e-0c0e-122d-c9a6-001dba24c9ef
CSeq: 119481705 REGISTER
P-Associated-URI: <sip:bob@open-ims.test>
Contact: <sip:192.168.0.110:52084>;expires=3471
Contact: <sip:192.168.0.110:33701>;expires=3600
Path: <sip:term@pcscf.open-ims.test:4060;lr>
Service-Route: <sip:orig@scscf.open-ims.test:6060;lr>
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY,
PUBLISH, MESSAGE, INFO
P-Charging-Function-Addresses: ccf=pri_ccf_address
Server: Sip EXpress router (2.1.0-dev1 OpenIMSCore (i386/linux))
Content-Length: 0
Warning: 392 127.0.0.1:6060 "Noisy feedback tells: pid=7171
req_src_ip=127.0.0.1 req_src_port=5060 in_uri=sip:scscf.open-ims.test:6060
out_uri=sip:scscf.open-ims.test:6060 via_cnt==3"

Pedido de informação de um canal televisivo através da mensagem SIP INVITE

INVITE sip:channel1@iptv.open-ims.test SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:33701;rport;branch=z9hG4bK1KHF68DD1rgFB
Route: <sip:orig@scscf.open-ims.test:6060;lr>
Max-Forwards: 70
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=Zcc54yX6S7Z3D
To: <sip:channel1@iptv.open-ims.test>

Call-ID: 1e394512-0c0e-122d-c9a6-001dba24c9ef
CSeq: 119481704 INVITE
Contact: <sip:192.168.0.110:33701>
User-Agent: sofia-sip/1.12.10
Allow: INVITE, ACK, BYE, CANCEL, OPTIONS, PRACK, MESSAGE,
SUBSCRIBE, NOTIFY, REFER, UPDATE
Supported: timer, 100rel
Min-SE: 120
Content-Type: application/sdp
Content-Disposition: session
Content-Length: 129

v=0
o=- 1349023193235002815 9166677106080682282 IN IP4 192.168.0.110
s=-
t=0 0
m=audio 5060 RTP/AVP 8 0
c=IN IP4 127.0.0.1

Tentativa de estabelecer contacto

SIP/2.0 101 Dialog Establishment
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:33701;rport=33701;branch=z9hG4bK1KHF68DD1rgFB
Record-Route: <sip:mo@scscf.open-ims.test:6060;lr>
Record-Route: <sip:mo@pcscf.open-ims.test:4060;lr>
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=Zcc54yX6S7Z3D To:
<sip:channel1@iptv.open-ims.test>;tag=1089257831
Call-ID: 1e394512-0c0e-122d-c9a6-001dba24c9ef
CSeq: 119481704 INVITE
Contact: <sip:channel1@192.168.0.110:8010>
User-Agent: eXosip/3.1.0
Content-Length: 0

Resposta do servidor ao INVITE com a informação relativa ao canal pedido (nome do canal / endereço rtsp / localização do logótipo do canal)

SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:33701;rport=33701;branch=z9hG4bK1KHF68DD1rgFB
Record-Route: <sip:mo@scscf.open-ims.test:6060;lr>
Record-Route: <sip:mo@pcscf.open-ims.test:4060;lr>
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=Zcc54yX6S7Z3D
To: <sip:channel1@iptv.open-ims.test>;tag=1089257831
Call-ID: 1e394512-0c0e-122d-c9a6-001dba24c9ef
CSeq: 119481704 INVITE
Contact: <sip:channel1@192.168.0.110:8010>
Content-Type: message/external-body;
URL="#Canal1##rtsp://127.0.0.1:1234/channel1.sdp##http://localhost/channe
l1.jpg#"

User-Agent: eXosip/3.1.0
Content-Length: 0

Mensagem de fim de contacto com servidor de services

ACK sip:channel1@192.168.0.110:8010 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:33701;rport;branch=z9hG4bK2va873ygy161p
Route: <sip:mo@pcscf.open-ims.test:4060;lr>
Route: <sip:mo@scscf.open-ims.test:6060;lr>
Max-Forwards: 70
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=Zcc54yX6S7Z3D
To: <sip:channel1@iptv.open-ims.test>;tag=1089257831
Call-ID: 1e394512-0c0e-122d-c9a6-001dba24c9ef
CSeq: 119481704 ACK
Content-Length: 0

BYE sip:channel1@192.168.0.110:8010 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:33701;rport;branch=z9hG4bK35309yFmUaXmj
Route: <sip:mo@pcscf.open-ims.test:4060;lr>
Route: <sip:mo@scscf.open-ims.test:6060;lr>
Max-Forwards: 70
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=Zcc54yX6S7Z3D
To: <sip:channel1@iptv.open-ims.test>;tag=1089257831
Call-ID: 1e394512-0c0e-122d-c9a6-001dba24c9ef
CSeq: 119481705 BYE
User-Agent: sofia-sip/1.12.10
Allow: INVITE, ACK, BYE, CANCEL, OPTIONS, PRACK, MESSAGE,
SUBSCRIBE, NOTIFY, REFER, UPDATE
Content-Length: 0

SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP
192.168.0.110:60411;rport=60411;branch=z9hG4bK8c375ZKDS8e9c
From: <sip:bob@open-ims.test>;tag=408FX72j657mr
To: <sip:channel1@iptv.open-ims.test>;tag=1132761005
Call-ID: c562bc22-417c-122d-ff90-001dba24c9ef
CSeq: 122419173 BYE
User-Agent: eXosip/3.1.0
Content-Length: 0